



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA DESAIN BULBOUS STERN PADA KAPAL FERRY TRIPLE
SCREW TERHADAP TAHANAN DAN POLA ALIRAN**

Gria Madya Saputro
NRP 04211546000008

Dosen Pembimbing
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT
Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA DESAIN BULBOUS STERN PADA KAPAL
FERRY TRIPLE SCREW TERHADAP TAHANAN DAN
POLA ALIRAN**

Gria Madya Saputro

NRP. 4211546000008

Dosen Pembimbing

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME141501

**DESIGN ANALYSIS OF THE BULBOUS STERN AT
TRIPLE SCREW FERRY AFFECTED BY RESISTANCE
AND FLOW PATTERN**

Gria Madya Saputro

NRP. 4211546000008

Supervisor

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA DESAIN BULBOUS STERN PADA KAPAL FERRY TRIPLE SCREW TERHADAP TAHANAN DAN POLA ALIRAN TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery And System*
Program Studi S-1 Departemen Teknik System Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Gria Madya Saputro
NRP. 04211546000008

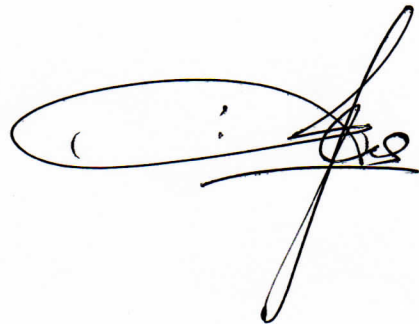
Disetujui oleh pembimbing tugas akhir:

Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT
NIP. 195904101987011001

(V)

Ir. Agoes Santoso, M.Sc.
NIP. 196809281991021001

(:)



Surabaya
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

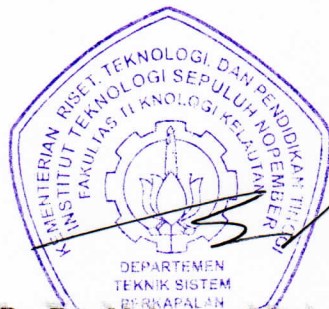
ANALISA DESAIN BULBOUS STERN PADA KAPAL FERRY TRIPLE SCREW TERHADAP TAHANAN DAN POLA ALIRAN TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Machinery And System*
Program Studi S-1 Departemen Teknik System Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Gria Madya Saputro
NRP. 04211546000008

Disetujui Oleh
Kepala Departemen Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.
NIP. 197708022008011007

Surabaya
Juli 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA DESAIN BULBOUS STERN PADA KAPAL FERRY TRIPLE SCREW TERHADAP TAHANAN DAN POLA ALIRAN

Nama Mahasiswa : Gria Madya Saputro
NRP : 4211546000008
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

ABSTRAK

Modifikasi pada system propulsi banyak dilakukan demi memenuhi performa kapal. Salah satu kajian yang dilakukan adalah modifikasi pada system propulsi dengan penambahan *Bulbous Stern*. Penambahan *Bulbous Stern* akan berpengaruh terhadap tahanan kapal dan pola aliran yang dihasilkan. Fokus dari penelitian ini adalah besarnya nilai tahanan kapal dan pola aliran yang dihasilkan ketika kapal beroperasi dengan penambahan *Bulbous Stern*. Simulasi dilakukan dengan metode Computational Fluid Dynamics (CFD). Berdasarkan hasil analisa Computational Fluid Dynamics (CFD) dapat dilihat bahwa nilai tahanan kapal pada kecepatan maximum 10 knot pada kondisi lambung kapal tanpa adanya *Bulbous Stern* sebesar 70.17 kN, pada kondisi lambung kapal dengan adanya tambahan *Bulbous Stern* sebesar 65.92 kN.

Kata Kunci : CFD, *Bulbous Stern*, Tahanan Kapal, Pola Aliran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN ANALYSIS OF THE BULBOUS STERN AT TRIPLE SCREW FERRY AFFECTED BY RESISTANCE AND FLOW PATTERN

Student Name : Gria Madya Saputro
NRP : 4211546000008
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Lecturer : 1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT
2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc.

ABSTRACT

Modifications to the propulsion system are mostly done to meet the performance of the ship. One of the studies conducted is modification to the propulsion system with the addition of Bulbous Stern. The addition of Bulbous Stern will affect the ship resistance and flow patterns generated. The focus of this study is the magnitude of the ship resistance and flow patterns generated when the ship operates with the addition of Bulbous Stern. The simulation is done by Computational Fluid Dynamics (CFD) method. Based on the results of Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis, it can be seen that the vessel resistance value at a maximum speed of 10 knots at hull condition in the absence of Bulbous Stern of 70.17 kN, on hull condition with the addition of Bulbous Stern of 65.92 kN.

Keywords : CFD, Bulbous Stern, Ship Resistance, Flow Patterns.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Analisa Desain Bulbous Stern Pada Kapal Ferry Triple Screw Terhadap Tahanan Dan Pola Aliran)” dengan baik.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu Anna Indriati, dan Bapak samino, serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa, motivasi serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc.selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Bapak Juniarko Prananda, ST. MT selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Lintang Candra, ST. dan Guster Irvsn Ginting, S.T. yang selalu memberikan arahan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
7. Meilita Citra yang selalu memberi arahan, nasehat, motivasi dan memberi kasih sayang kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
8. Ryan Prayogo, A.Md., Tri Nanda Febrianto, A.Md., Lukman Arif Abriansyah, A.Md., Lintang Candra, ST. ,Aditya Fajar Kurniawan, A.Md. dan Gilang Elsa Pratama, A.Md. sebagai teman “overtime” yang selalu memberi bantuan ilmu dan materi, serta semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan di lab MMD dan MMS yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir / Skripsi ini.
10. Teman-teman Lintas Jalur 2015 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
11. Semua pengurus dan anggota Laboratorium yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Tugas Akhir / Skripsi ini.
12. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga

dengan semua ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan design dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan.

Surabaya, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR GRAFIK.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiv
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Skripsi	1
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II.....	3
2.1 Tahanan Kapal.....	3
2.1.1 Jenis- Jenis Tahanan Kapal.....	4
2.2 Karakteristik Mesin Diesel.....	5
2.2.1 Distribusi Daya di Kapal.....	5
2.3 Maxsurf	9
2.4 CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	10
2.5 NUMECA CFD.....	11
BAB III	13
3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	14

3.3	Studi Literatur	14
3.4	Pengumpulan Data	14
3.5	Pemodelan	14
3.5.1	Pemodelan Lambung Kapal	14
3.5.2	Pemodelan Lambung Kapal dengan Adanya Tambahan <i>Bulbous Stern</i>	16
3.6	Simulasi	17
3.6.1	Proses Geometri CAD	17
3.6.2	Domain	17
3.6.3	<i>Boundary</i>	19
3.6.4	<i>Meshing</i>	20
3.6.5	Hasil Simulasi Model	22
3.7	Analisa dan Pembahasan	22
3.8	Kesimpulan dan saran	22
BAB IV	23
4.1	Umum	23
4.2	Pengumpulan Data	23
4.2.1	Ukuran Pokok Kapal	23
4.2.2	Data Lines Plan	23
4.2.3	Data Engine	24
4.3	Pembuatan Model Lambung Kapal	24
4.4	Analisa Tahanan Model Kapal	26
4.4.1	Analisa Hambatan Kapal (<i>NUMECA Fine Marine</i>)	26
4.5	Pembuatan Model Lambung Kapal dengan tambahan <i>Bulbous Stern</i> 35	
4.5.1	Pemodelan Lambung Kapal dengan <i>Bulbous Stern</i> Model 1	35
4.5.2	Pemodelan Lambung Kapal dengan <i>Bulbous Stern</i> Model 2	36
4.5.3	Pemodelan Lambung Kapal dengan <i>Bulbous Stern</i> Model 3	37
4.6	Hasil Simulasi Pola Aliran dan Tahan Kapal dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i>	38
4.6.1	Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1	38

4.6.2	Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 2	41
4.6.3	Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 3	43
4.6.3	Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i>	46
4.6.4	Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i>	48
BAB V		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		55

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tahanan pada Kapal.....	3
Gambar 2.2 Distribusi Daya <i>Engine</i> ke <i>Propeller</i>	6
Gambar 3.1 Flow Chart Diagram.....	13
Gambar 3.2 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Prespective.....	15
Gambar 3.3 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Samping.....	15
Gambar 3.4 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Atas.....	16
Gambar 4.1 Gambar Lines Plan <i>Hull</i> Kapal.....	23
Gambar 4.2 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Prespective.....	25
Gambar 4.3 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Samping.....	25
Gambar 4.4 Pemodelan <i>Hull</i> Pandangan Atas.....	26
Gambar 4.5 Standart Ukuran <i>Boundary Domain</i>	27
Gambar 4.6 Pemodelan Lambung Kapal.....	27
Gambar 4.7 Proses <i>Substract</i>	27
Gambar 4.8 Proses Pembuatan <i>Domain</i>	28
Gambar 4.9 Penentuan <i>Boundary</i>	28
Gambar 4.10 Proses <i>Meshing</i>	29
Gambar 4.11 Hasil <i>Meshing</i>	30
Gambar 4.12 Jumlah <i>Cells</i> dalam Proses <i>Meshing</i>	30
Gambar 4.13 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart.....	31
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart.....	32
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart.....	32
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart.....	33
Gambar 4.17 Analisa Tahanan Kapal pada <i>Software NUMECA Fine Marine</i>	34
Gambar 4.18 Geometri <i>Bulbous Stern</i> Model 1.....	35
Gambar 4.19 Geometri <i>Bulbous Stern</i> Model 2.....	36
Gambar 4.20 Geometri <i>Bulbous Stern</i> Model 3.....	37
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1).....	38
Gambar 4.22 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1).....	39
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1).....	39
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1).....	40
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 2).....	41
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Gelombang tampak bawah pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 2).....	41

Gambar 4.27 Hasil Simulasi Gelombang tampak belakang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 2).....	42
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 2).....	42
Gambar 4.29 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 1)	43
Gambar 4.30 Hasil Simulasi Gelombang tampak bawah pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 3).....	44
Gambar 4.31 Hasil Simulasi Gelombang tampak belakang pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 3).....	44
Gambar 4.32 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Tambahan <i>Bulbous Stern</i> Model 3).....	45
Gambar 4.333 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Model Standart)	46
Gambar 4.344 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Model 1).....	46
Gambar 4.355 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Model 2).....	47
Gambar 4.366 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Model 3).....	47
Gambar 4.377 Hasil Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Lambung Kapal dengan Tambahan <i>Bulbous Stern</i>)	48

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Nilai Tahan Kapal Semua Model	49
--	----

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Table 1 Sea Margin Berdasarkan Rute Pelayaran.....	5
Table 2 Hasil Nilai Hambatan Kapal	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lines Plan Kapal	55
Lampiran 2 Data Engine 1	56
Lampiran 3 Data Engine 2	57
Lampiran 4 Hasil Simulasi NUMECA	58

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa ini banyak modifikasi dan perlakuan yang dilakukan terhadap sebuah kapal demi memenuhi performa dari kapal serta dapat meningkatkan keselamatan kapal terhadap awak kapal. Menurut peraturan SOLAS II-1/8-1 dan II-2/21, “*kapal harus dapat kembali ke pelabuhan setelah terjadi sebuah insiden, pengembalian kapal yang aman ke pelabuhan dengan menggunakan system propulsi sendiri*”. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia nomor PM 80 tahun 2015, Pasal 1 ayat 3a bahwa “*Kapal Angkutan Penyeberangan adalah kapal motor penyebrangan (KMP) yang merupakan kendaraan air yang digerakkan tenaga mekanik, berfungsi sebagai jembatan bergerak untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya yang masuk dan keluar melalui pintu rampa yang berbeda, memiliki konstruksi lambung dasar ganda (double bottom) serta memiliki paling sedikit 2 (dua) mesin induk*”. Sehingga untuk mengikuti regulasi dan melaksanakan peraturan pemerintah salah satu kajian yang dilakukan adalah melakukan modifikasi pada sistem propulsi dengan penambahan mesin induk, dengan adanya penambahan mesin induk berpengaruh terhadap penambahan system penggerak kapal berupa *propeller*. Dimana dalam penambahan *propeller* ini akan berpengaruh terhadap nilai tahanan kapal serta gaya dorong kapal.

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai hambatan dan pola aliran pada kapal akibat perbedaan penambahan bulbous stern pada kapal triple screw. Penelitian ini diharapkan akan didapatkan *presentase* besar perubahan tahanan kapal akibat penambahan bulbous stern. Penelitian dilakukan dengan cara mendesign dan menganalisa dengan menggunakan model 3D dengan program *Maxsurf* serta melakukan simulasi *NUMECA Fine Marine CFD* untuk mendapatkan nilai hambatan kapal.

1.2 Perumusan Masalah

Pokok permasalahan dalam tugas akhir ini adalah perbandingan nilai hambatan yang terjadi pada kapal, ketika kapal beroperasi menggunakan *twins propeller* dan dengan penambahan bulbous stern. Perbedaan kedua kondisi operasional tersebut akan berpengaruh terhadap perubahan nilai tahanan kapal. Perubahan nilai tahanan tersebut juga akan dilakukan analisa mengenai tahanan kapal dan pola aliran yang dihasilkan.

1.3 Tujuan Skripsi

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- Mengetahui dan membandingkan besar perubahan tahanan kapal akibat penambahan variasi dari bulbous stern.

- Mengetahui dan membandingkan besar pola aliran akibat penambahan variasi dari bulbous stern.

1.4 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- Dapat diketahui *presentase* perubahan tahanan kapal akibat perbedaan dari penambahan bulbous stern.
- Mendapatkan desain kapal yang memiliki nilai tahanan yang lebih kecil.
- Mendapatkan desain kapal yang memiliki pola aliran yang lebih baik.
- Digunakan sebagai bahan referensi untuk penulisan tugas akhir selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

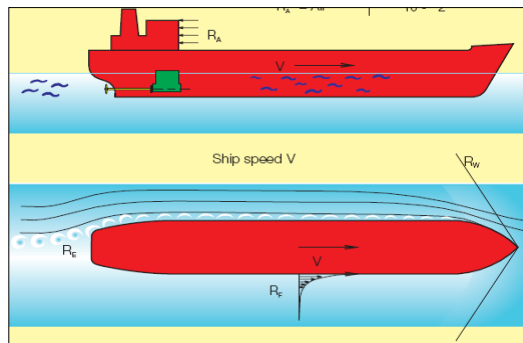
Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- Pengolahan data dan simulasi menggunakan *software Maxsurf* dan *NUMECA Fine Marine (CFD)*.
- Penelitian berdasarkan kapal ferry triple screw.
- Modifikasi berupa variasi ukuran dari ukuran diameter Bulbous Stern.
- Stabilitas kapal tidak diperhitungkan.
- Analisa hanya dilakukan pada bentuk lambung kapal
- Analisa biaya tidak di pertimbangkan.
- Hanya dilakukan pemodelan berbasis software 3D.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tahanan Kapal

Untuk menggerakkan sebuah kapal, hal yang diperhatikan pertama kali adalah tahanan. Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa hingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. *Resistance* merupakan istilah yang disukai dalam *hidrodinamika* kapal, sedangkan istilah *drag* umumnya dipakai dalam *aerodinamika* dan untuk benda benam. Perhitungan dari tahanan ini memainkan peranan dalam pemilihan *propeller* dan pemilihan mesin induk. Menurut buku tahanan dan *propulsi* kapal, Sv. Aa. Harvald, tahanan sebuah kapal pada dasarnya dipengaruhi oleh kecepatan, *displacement* dan bentuk hull kapal. [5]



Gambar 2.1 Tahanan pada Kapal

Tahanan kapal ini merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total ini merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja di kapal, meliputi Tahanan Gesek, Tahanan Gelombang, Tahanan *Appendages*, Tahanan Udara, dsb. Secara sederhana Tahanan Total Kapal dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut : (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal II. 7)

$$R_t = C_t (1/2 \times \rho \times V_s^2 \times S) \quad (1)$$

Dimana :

C_t = koefisien tahanan total

ρ = massa jenis air laut, yaitu 1.025 (ton/m³)

V_s = kecepatan dinas (m/s)

S = *wetted surface area*, (m²)

2.1.1 Jenis- Jenis Tahanan Kapal

Tahanan total pada kapal terdiri dari komponen – komponen bagian kapal yang mempunyai kemungkinan menimbulkan gaya hambat atau *resistance*. Pada prinsipnya ada dua bagian kapal yang mengalami gaya hambat, yaitu bagian kapal yang terbenam dan area bagian kapal diatas permukaan air karena udara juga mempunyai faktor hambat pada kondisi tertentu. Ada berbagai macam jenis tahanan pada kapal antaranya sebagai berikut :

A. Tahanan Gesek

Tahanan Gesek terjadi akibat gesekan permukaan basah kapal dengan media yang dilaluinya, oleh karena semua fluida mempunyai nilai *viskositas* inilah menimbulkan gesekan tersebut. Atau komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralkan tegangan *tangensial* keseluruh permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal.

B. Tahanan Sisa

Tahanan Sisa R_r (*Residual Resistance*) adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari tahanan total badan kapal, suatu tahanan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus khusus.

C. Tahanan Viskos

Tahanan Viskos, R_V (*Viskos Resistance*) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh *viskos/kekentalan*.

D. Tahanan Tekanan

Tahanan Tekanan R_P (*Pressure Resistance*) adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan jalan mengintegralkan tegangan normal keseluruh permukaan kapal menurut arah gerakan kapal.

E. Tahanan Gelombang

Tahanan Gelombang, R_W (*Wavemaking Resistance*) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan untuk menimbulkan gelombang gravitasi. Dimana untuk tiap titik disepanjang lambung dimungkinkan memiliki perbedaan tekanan.

F. Tahanan Kekasaran

Tahanan Kekasaran (*Roughness Resistance*) adalah tahanan akibat kekasaran permukaan badan kapal misalnya akibat korosi dan *fouling* (pengotoran) pada badan kapal.

G. Tahanan Udara

Tahanan Udara (*Air Resistance*) adalah tahanan yang dialami bagian atas permukaan air serta bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal yang menyusuri udara. Pada kapal untuk bagian *deck/platform* berkenaan langsung dengan udara bebas, menimbulkan tahanan yang nilainya cukup berarti ketika melaju dengan kecepatan tinggi, sehingga luasan bangunan atas perlu juga menjadi pertimbangan saat perencanaan.

Tahanan dan daya efektif yang dihitung memakai diagram yang diberikan disini berlaku untuk kapal dalam kondisi pelayaran percobaan yaitu untuk kondisi ideal dari segi angin, gelombang, kedalaman air, dan kemulusan badan kapal. Untuk konisi rata-rata pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran

tambahan pada tahanan daya efektif yang disebabkan oleh angin laut, erosi, dan fouling pada badan kapal. Tambahan kelonggaran ini sangat bergantung pada jalur pelayaran. Kelonggaran rata-rata untuk pelayaran dinas (sea margin atau sea service) untuk tahanan atau daya efektif diusulkan sebagai berikut (Buku Tahanan dan Propulsi Kapal Sv. Aa. Harvald hal. 133)

:

Table 1 Sea Margin Berdasarkan Rute Pelayaran

Jalur Pelayaran Atlantik Utara ke Timur	Musim panas 15% dan musim dingin 20%
Jalur Pelayaran untuk Atlantik utara ke barat	Musim panas 20% dan musim dingin 30%
Jalur Pelayaran Pasifik	15 – 20 %
Jalur Pelayaran Atlantik selatan dan Australia	12 – 18 %
Jalur Pelayaran Asia Timur	10 – 20 %

2.2 Karakteristik Mesin Diesel

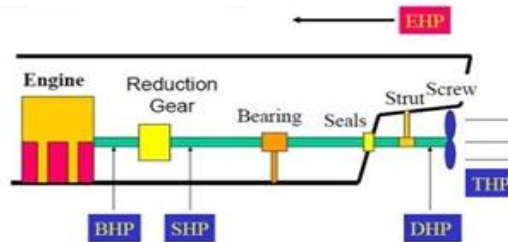
Motor diesel adalah suatu motor yang menggunakan pengapian kompresi. Udara di dalam silinder-silindernya dikompresi sampai sedemikian sehingga menjadi cukup panas untuk mengkompresikan bahan bakar. Oleh karena itu motor diesel atau disebut juga motor pelayanan kompresi (*compression ignition engine*), motor diesel termasuk motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yaitu motor yang tenaganya diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada motor itu sendiri. [2]

2.2.1 Distribusi Daya di Kapal

Dalam penentuan daya motor yang harus diperhatikan adalah daya BHP (*break horse power*) yang dibutuhkan untuk mendorong kapal, baik dalam kondisi SCR (*service continuos rating*) maupun dalam kondisi MCR (*maximum continuos rating*). BHP motor yang dibutuhkan didapatkan dari perhitungan tahanan kapal. Hal ini yang perlu diperhatikan adalah putaran dan karakteristik *propeller*. Sedangkan karakteristik yang harus diketahui adalah daerah kerja dari daya maupun putaran motor. Selisih antara BHP MCR dan SCR disebut *engine margine*. Harga *engine margine* biasanya sekitar 10 – 15% dari kondisi SCR. Pada kondisi operasional terdapat pertimbangan kondisi cuaca dan perairan. [6]

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*). Daya yang disalurkan (DHP) ke alat gerak kapal adalah berasal dari Daya Poros (SHP), sedangkan Daya Poros sendiri bersumber dari Daya Rem (BHP) yang merupakan daya luaran motor

penggerak kapal. Ada beberapa pengertian mengenai daya yang sering digunakan didalam melakukan estimasi terhadap kebutuhan daya pada sistem penggerak kapal, antara lain : (Engine Propeller Matching, S.W. Adji, hal I.1) [1]



Gambar 2.2 Distribusi Daya Engine ke Propeller

A. BHP (*Brake Horse Power*)

BHP (*Brake Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan oleh penggerak utama kapal. Penggerak utama kapal adalah bagian dari sistem penggerak yang mengkonversikan energi kalor menjadi energi mekanis (putaran). Untuk kebanyakan kapal, penggerak utama kapal adalah berupa turbin uap, turbin gas, atau juga motor diesel. [3]

$$BHP = \frac{SHP}{\eta_G} \quad (2)$$

Dimana :

SHP = *Shaft Horse Power*(HP)

η_G = Efisiensi roda sistem gigi transmisi (%)

B. SHP (*Shaft Horse Power*)

SHP (*Shaft Horse Power*) adalah daya keluaran dari *reduction gear* (jika terdapat *reduction gear*). *Reduction gear* diperlukan untuk menurunkan putaran yang tinggi tiap menitnya (*rpm*) dari penggerak utama hingga mencapai putaran yang sesuai dengan putaran *propeller* pada operasi yang optimal. [3]

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s \eta_b} \quad (3)$$

Dimana :

DHP = *Delivery Horse Power*(HP)

$\eta_s \eta_b$ = *shaft transmission efficiency*. Pengurangan 2% ~ 3% untuk kamar mesin di kapal bagian belakang

$\eta_s \eta_b$ = 0,98 (untuk kamar mesin di bagian belakang = 100%-2%)

C. DHP (*Delivery Horse Power*)

DHP (*Delivery Horse Power*) adalah daya yang diedarkan oleh poros ke *propeller*. Jumlah dari daya yang diedarkan ke *propeller* akan lebih kecil

dari *shaft horse power* dikarenakan adanya kehilangan daya saat transmisi di poros. Kehilangan yang terjadi relative kecil 2-3 %.[3]

$$DHP = \frac{EHP}{PC} \quad (4)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

PC = Coefisien Propulsif (%)

D. THP (*Thrust Horse Power*)

THP (*Thrust Horse Power*) adalah daya yang dihasilkan dikarenakan daya dorong *propeller*. THP lebih kecil daripada DHP karena adanya kehilangan daya yang terjadi saat mengubah gaya rotasi *propeller* ke dalam gaya dorong menggerakkan kapal. [3]

$$THP = EHP \times \eta_H \quad (5)$$

Dimana :

EHP = *Effective Horse Power*(HP)

η_H = *hull efficiency* (%)

E. EHP (*Effective Horse Power*)

EHP (*Effective Horse Power*) adalah besarnya tenaga yang digunakan untuk menggerakkan kapal. [3]

$$EHP = RT \times V_s \quad (6)$$

Dimana :

V_s = Kecepatan kapal (m/s)

RT = Tahanan total kapal (kN)

F. Efisiensi Sistem Penggerak kapal.

Dalam menghitung interaksi antara badan kapal dengan propeller ini dipakai untuk menentukan gaya dorong (*thrust*) yang diperlukan oleh sebuah kapal berdasarkan karakteristik dari propeller yang terpasang di buritan kapal. [3]

- Perhitungan efisiensi lambung (η_H)

Efisiensi lambung merupakan perbandingan antara daya efektif (P_e) dan daya dorong (P_T). Efisiensi lambung ini merupakan suatu bentuk ukuran kesesuaian rancangan lambung terhadap *propulsor arrangement* nya, sehingga efisiensi ini bukanlah bentuk *power conversion* yang sebenarnya. Efisiensi lambung dapat dirumuskan :

$$\eta_h = (1-t) / (1-w) \quad (7)$$

Dimana :

t = *thrust deduction coefficient*

w = *wake friction*

- Perhitungan *thrust deduction factor* (t)

Rotasi dari propeller menyebabkan air didepan propeller untuk dihisap ke arah *propeller*. Hal ini menyebabkan tahanan tambahan di atas lambung dan biasanya disebut *augment of resistance*. [1]

$$t = 0,5 \times C_p - 0,12 \quad (\text{Single Screw}) \quad (8)$$

$$t = 0,5 \times C_p - 0,19 \quad (\text{Twin Screw}) \quad (9)$$

Dimana :

C_p = Koefisien Prismatic

- Perhitungan *Wake Fraction*

Wake adalah arus ikut yang terjadi pada bagian buritan kapal sekitar propeller. *Wake fraction (twin screw)* dapat dicari menggunakan persamaan berikut : [1]

(Single Screw with normal stern)

$$W = 0,7 \times C_p \quad (10)$$

(Single Screw with stern-bulb)

$$W = 0,5 \times C_p \quad (11)$$

(Twins Screw)

$$W = 0,7 \times C_p - 0,3 + 0,3 \times (0,4 - a/b) \quad (12)$$

Dimana :

C_p = Koefisien *Prismatic*

a = Jarak Antara 2 Poros (m)

b = Lebar Kapal (m)

- Perhitungan *Speed of Advance*

Speed Of Advance adalah kecepatan aliran yang terdapat pada *propeller*. Kecepatan aliran air yang melalui *propeller* lebih rendah daripada kecepatan aliran air yang melalui kapal. [3]

$$V_a = (1 - w) \times V_s \quad (13)$$

Dimana :

W : *Wake Friction*

V_s : Kecepatan kapal (m/s)

- Perhitungan efisiensi baling baling (η_{prop})

Efisiensi baling baling merupakan perbandingan antara daya dorong (P_T) dengan daya yang disalurkan (P_D). Efisiensi ini merupakan *power conversion* dan perbedaan nilai yang terjadi adalah terletak pada dimana pengukuran torsi *propeller* dilakukan, yakni apakah pada kondisi *open water* (Q_o) atau pada kondisi *behind the ship* (Q_D) seperti ditunjukkan persamaan dibawah : [3]

- ❖ Efisiensi *propeller (open water test)*

$$\eta_o = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_o \times n \quad (14)$$

- ❖ Efisiensi *propeller (behind the ship)*

$$\eta_b = T \times V_a / 2 \times \pi \times Q_d \times n \quad (15)$$

T = gaya dorong kapal

V_a = *speed of advance*

Q_o = torsi kondisi *open water*

N = putaran *propeller*

Q_d = torsi kondisi *behind the ship*

- Perhitungan transmisi poros (η_s)

Secara umum sangat tergantung dari bentuk stern *arrangement* nya.

Efisiensi ini dirumuskan : [3]

$$\eta_s = P_d / P_s \quad (16)$$

Dimana :

P_d = *Delivery horse power*

P_s = *Shaft horse power*

- Perhitunagn keseluruhan efisiensi pada sistem penggerak kapal (*propulsive coefficient P_c*)

Propulsive coefficient merupakan hasil dari keseluruhan efisiensi di masing masing phrase daya yang terjadi pada sistem propulsi kapal. Efisiensi keseluruhan dapat diperoleh dengan persamaan berikut : [3]

$$P_c = \eta_b \times \eta_h \times \eta_s \quad (17)$$

Dimana :

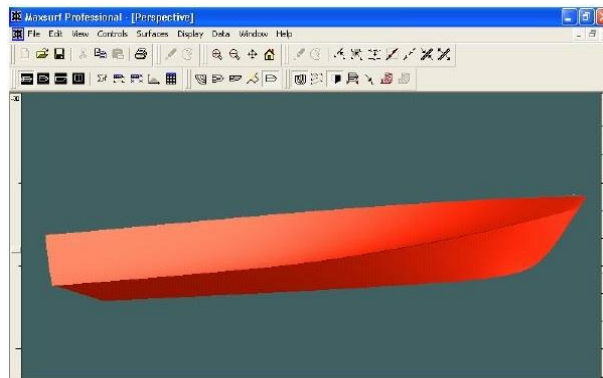
η_h = efisiensi lambung

η_b = efisiensi *propeller* (*behind the ship*)

η_s = efisiensi poros

2.3 Maxsurf

Maxsurf adalah suatu program *system modeling* permukaan dimensional (*surface*) yang mendesain bentuk lambung kapal (*hull*). *Maxsurf* mempertimbangkan percobaan sistematis dan optimasi cepat tentang segala desain baru. Dengan *software* ini juga dapat mendesain berbagai macam bentuk lambung kapal dengan membaginya kedalam beberapa bagian *surface* berdasarkan ketebalan dari kulit lambung kapal tersebut atau langsung membentuk satu bagian utuh lambung kapal dengan satu *surface*. *Maxsurf* memiliki keuntungan lebih yaitu mengetahui luasan tiap – tiap bagian lambung, misalnya luasan pada bagian bottom, luasan pada bagian sisi lambung, luasan pada bagian rail, luasan pada bagian *transom* dan *deck*. Output dari mendesain dengan menggunakan *software maxsurf* ini adalah gambar rencana garis, baik itu dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi, luas permukaan tiap – tiap bagian lambung dan total keseluruhan lambung, *displacement* serta kurva CSA.



Gambar 2.3 Pemodelan Lambung Kapal dari Software Maxsurf
(Sumber : <https://pmahatrisna.wordpress.com>)

Hullspeed merupakan bagian dari *software maxsurf* yang bertujuan untuk memprediksi tahanan dari bentuk lambung kapal apabila efisiensi dari lambung (hull) diketahui atau diestimasi maka power yang dibutuhkan dari suatu desain akan dapat diprediski juga, dengan *software* ini dapat menggunakan beberapa pilihan metode, diantaranya :

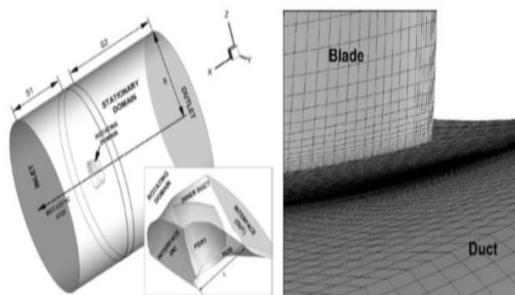
1. *Savitsky (pre-planning)* : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung sebelum kapal dibangun atau dapat dikatakan sebagai *pre-planning resistance*.
2. *Savitsky (planning)* : perhitungan ini digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan badan kapal ketika kecepatan kapal sudah disesuaikan.
3. *Lahtiharju* : digunakan untuk estimasi tahanan dari perencanaan lambung kapal ketika kecepatan yang telah direncanakan telah disesuaikan.
4. *Holtrop* : perhitungan ini didesain untuk memprediksi tahanan dari kapal tanker, *general cargo*, kapal ikan, tug boat, kapal container dan kapal – kapal cepat.
5. *Series 60* : digunakan untuk estimasi tahanan dari kapal *cargo* berbaling – baling tunggal.
6. *Van Oortmerssen* : digunakan untuk estimasi tahanan kapal kecil seperti *trawl* dan tug *boat*.
7. *Delfi series* : prediksi tahanan kapal ikan

2.4 CFD (Computational Fluid Dynamic)

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu : [10]

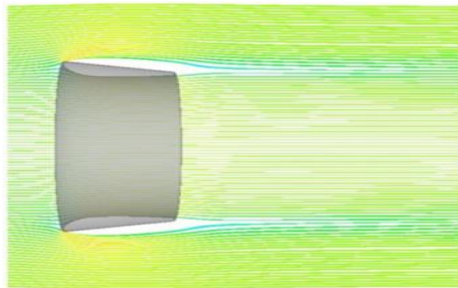
- *Preprocessor*

PreProcessor merupakan tahapan awal dalam *Computational Fluid Dynamic* (CFD) yang merupakan tahapan input data yang meliputi penentuan *domain* dan *boundary condition*. Pada tahapan ini juga dilakukan meshing, dimana benda yang dianalisa dibagi dalam jumlah grid tertentu.



Gambar 2.4 Penentuan Boundary Condition dan Meshing

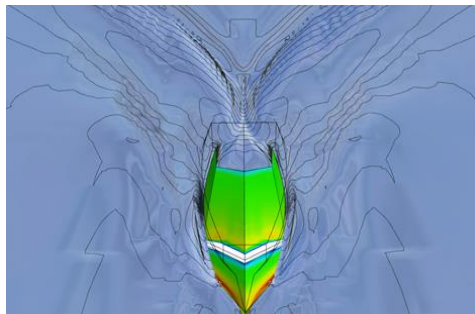
- **Processor**
Tahap selanjutnya adalah tahap processor, dimana pada tahap ini dilakukan proses perhitungan data yang telah dimasukkan menggunakan persamaan terkait secara iterative hingga hasil yang didapatkan bisa mencapai nilai *error* terkecil.
- **Post processor**
Tahap terakhir adalah tahap post processor, hasil dari perhitungan pada tahap processor akan ditampilkan dalam gambar, grafik maupun animasi.



Gambar 2.5 Analisa Aliran pada CFD [4]

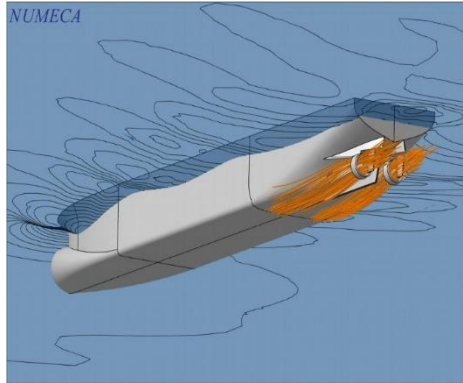
2.5 NUMECA CFD

NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD NUMECA International. NUMECA mempunyai produk untuk pengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada skripsi ini. Peneliti menggunakan NUMECA Versi 5.1 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari NUMECA student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. NUMECA yang berlisensi ini aka ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan NUMECA . [7]



Gambar 2.6 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD
(Sumber : <http://www.aavessels.com/research-program/>)

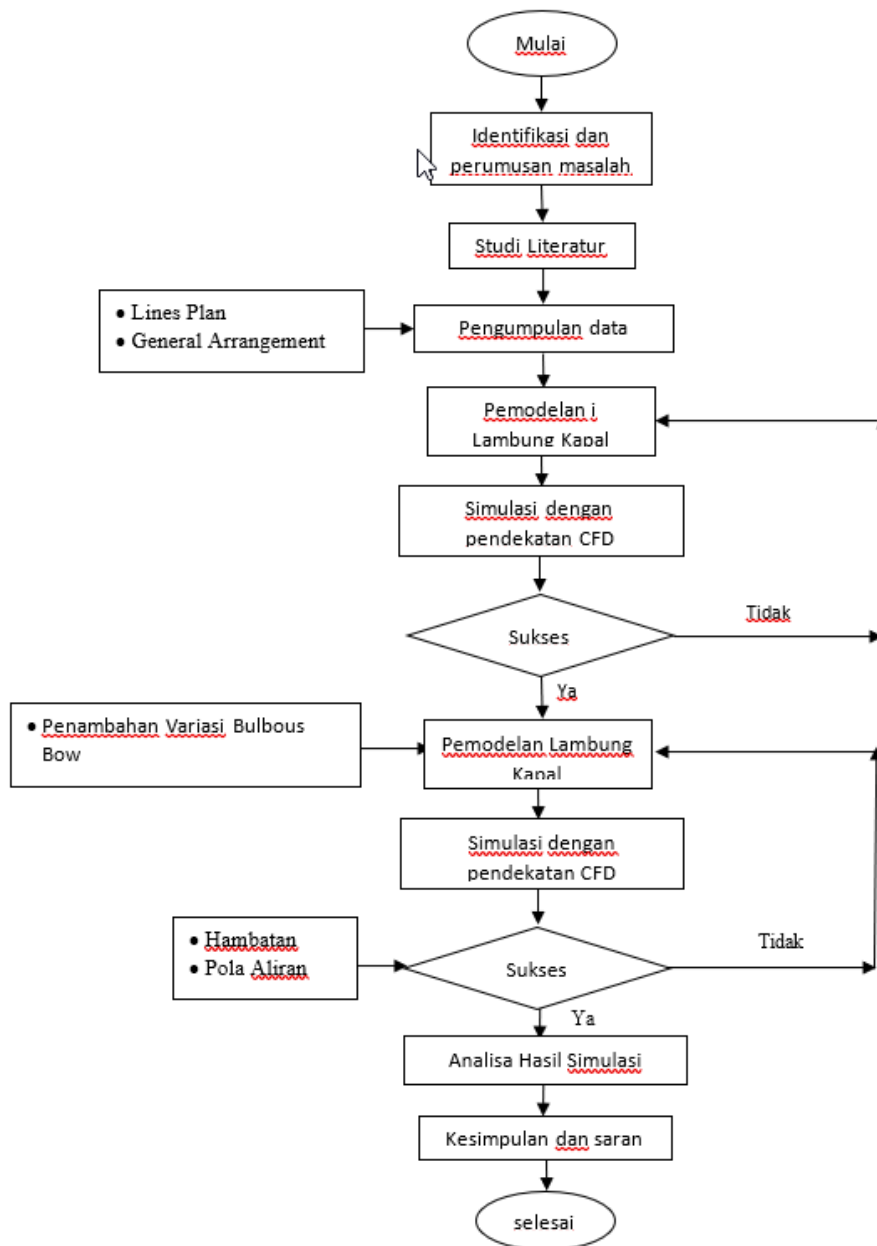
Program NUMECA CFD yang digunakan disini adalah sebagai alat bantu pemodelan atas konfigurasi lambung kapal dan propeller yang akan dianalisa. Selanjutnya dilakukan modifikasi antara bentuk lambung kapal dengan propeller. Dari pemodelan ini nantinya akan diperoleh data hambatan total kapal. [7]



Gambar 2.7 Simulasi Tahanan Kapal dari Software NUMECA CFD

BAB III METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Flow Chart Diagram

3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengidentifikasi masalah. Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang hambatan kapal akibat penambahan *bulbous stern* pada kapal. Dari hasil identifikasi masalah dapat ditentukan langkah – langkah yang harus dilakukan dalam pengerjaan skripsi beserta metode yang diterapkan dalam menyelesaikan masalah yang ada. Pada proses ini akan dilakukan identifikasi rumusan masalah tentang analisa nilai tahanan tambahan yang dihasilkan oleh kapal akibat adanya tahanan tambahan berupa propeller. Analisa yang dilakukan adalah dengan mendapatkan dimensi, dan spesifikasi kapal yang akan disimulasikan kemudian mendesain kapal tersebut dalam bentuk 3 dimensi.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan penelusuran literatur (*referensi*) yang bersumber dari internet, buku ajar , jurnal serta karya tulis yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan pengerjaan tugas akhir ini. Dengan melakukan studi literatur ini diharapkan solusi dari permasalahan yang di ambil dapat terpecahkan dengan baik.

3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan berupa mencari referensi mengenai pemecahan masalah yang terkait dengan tugas akhir ini. Data yang didapat untuk menunjang pengerjaan skripsi ini didapat baik dari internet maupun pengambilan data secara langsung. Data – data yang diperlukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi :

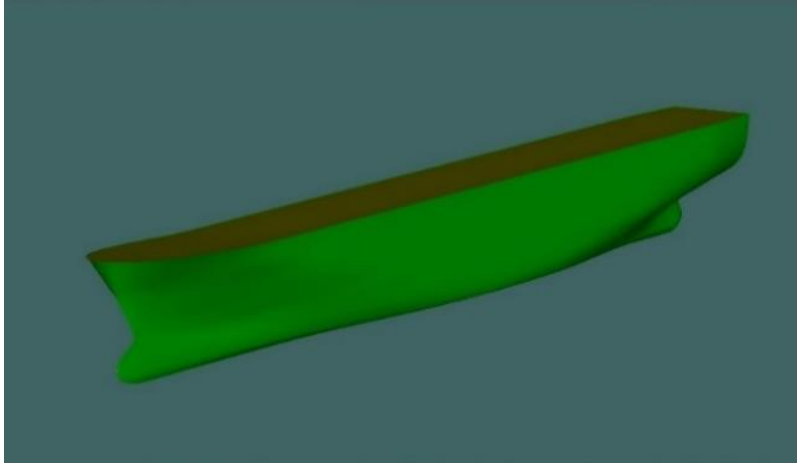
- Data *lines plan* kapal
- Ukuran pokok kapal
- Data *engine*
- Serta data – data yang dapat digunakan untuk membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

3.5 Pemodelan

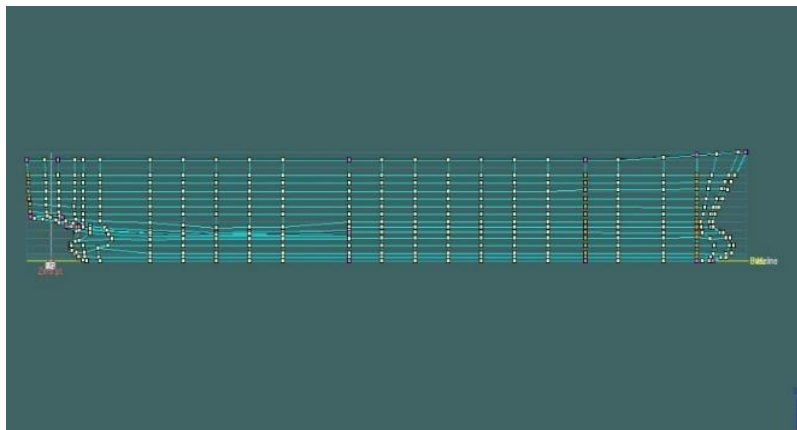
Pada tahap pemodelan dilakukan penggambaran model kapal dengan menggunakan Software CAD. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, terdapat empat jenis penggambaran model lambung kapal, yaitu lambung kapal tanpa *bulbous stern*, dan lambung kapal dengan variasi 3 ukuran *bulbous stern*.

3.5.1 Pemodelan Lambung Kapal

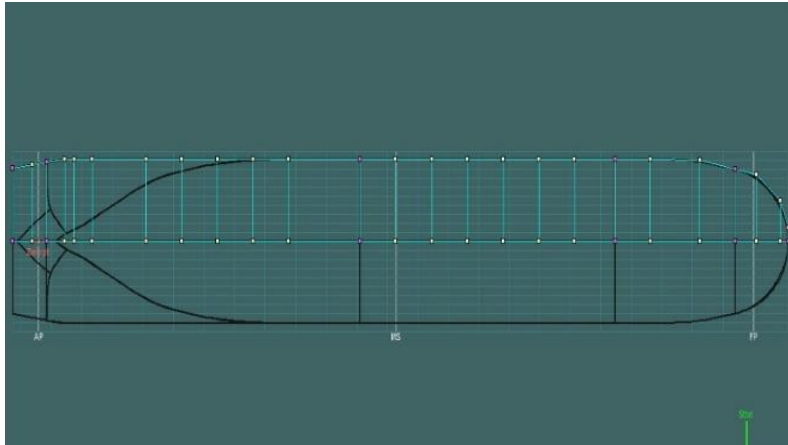
Pada tahap pemodelan kapal dilakukan berdasarkan data *linesplan* kapal yang sudah ada. Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan bentuk tiga dimensi dari model kapal menggunakan software *Maxsurf Modeller*.



Gambar 3.2 Pemodelan *Hull* Pandangan Prespective



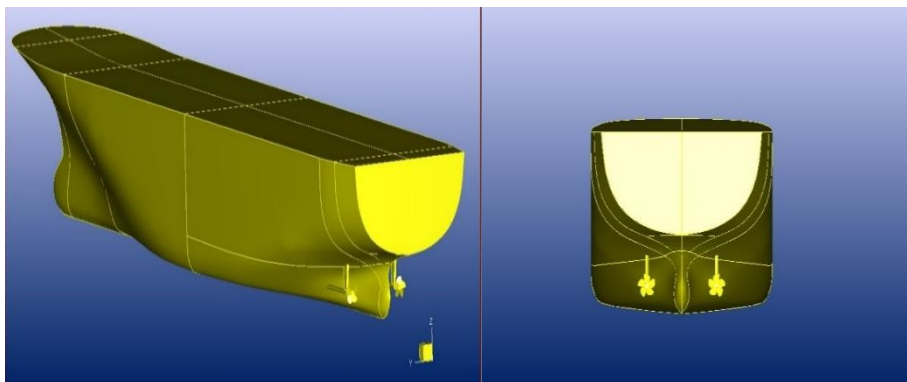
Gambar 3.3 Pemodelan *Hull* Pandangan Samping



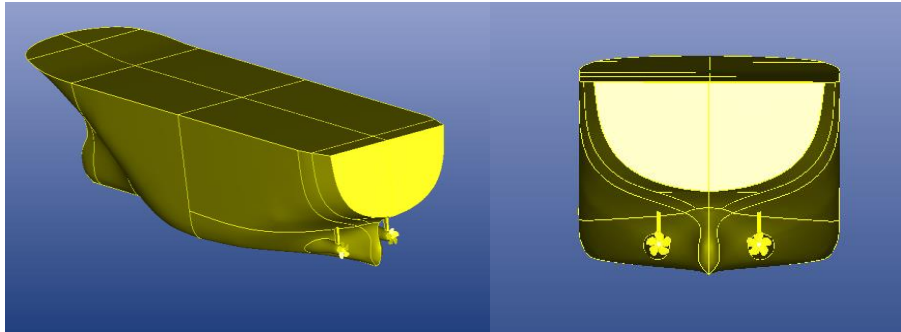
Gambar 3.4 Pemodelan *Hull* Pandangan Atas

3.5.2 Pemodelan Lambung Kapal dengan Adanya Tambahan *Bulbous Stern*

Pada tahap pemodelan ini, terdapat beberapa jenis model kapal yang akan dilakukan pemodelan, antara lain lambung kapal dengan *Bulbous Stern*. Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal dengan menggunakan software *Maxsurf Modeller* yang kemudian diexport ke software *solidwork* untuk pembuatan model kapal dengan adanya tambahan *Bulbous Stern*. Pada penggambar model lambung kapal dengan penambahan bulbous stern dengan beberapa variasi ukuran dari bulbous stern.



Gambar 3.5 Model Lambung Kapal



Gambar 3.6 Model Lambung Kapal dengan *Bulbous Stern*

3.6 Simulasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian model atau simulasi. Model disimulasikan menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD). Simulasi dilakukan dengan model kapal yaitu lambung kapal tanpa *Bulbous Stern*, lambung kapal dengan beberapa variasi *Bulbous Stern*.

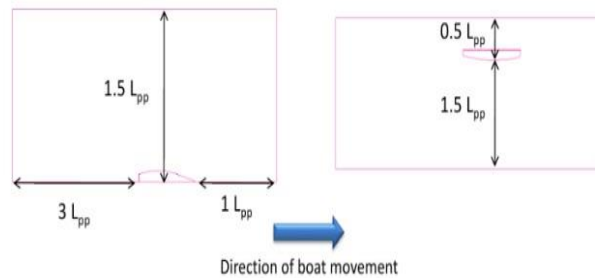
Model kapal diuji menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD). Pada simulasi ini menggunakan software *NUMECA Fine Marine* (CFD) dengan menggunakan metode *free surface* sehingga terdapat dua jenis fluida yang masuk kedalam simulasi yaitu air laut dan udara.

3.6.1 Proses Geometri CAD

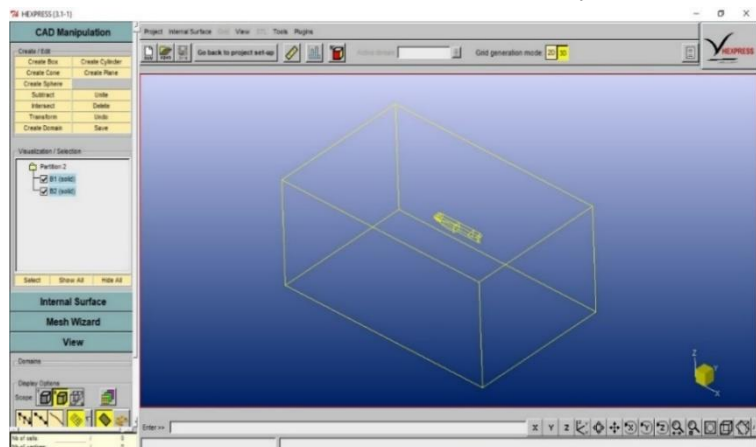
Proses simulasi pada software CFD dimulai dari pembuatan model badan kapal yang berasal dari *Maxsurf Modeller* kemudian diexport ke program CAD 3D untuk membuat model kapal menjadi solid. Model kapal yang dibuat dari beberapa *surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah menjadi *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid* (.x_t).

3.6.2 Domain

Pemodelan dilakukan dengan membuat dua bidang utama yaitu lambung kapal dan bidang balok. Lambung kapal akan menjadi bidang yang akan dicari nilai gayanya, sedangkan bidang balok sebagai media fluida atau tempat mengalirnya fluida.

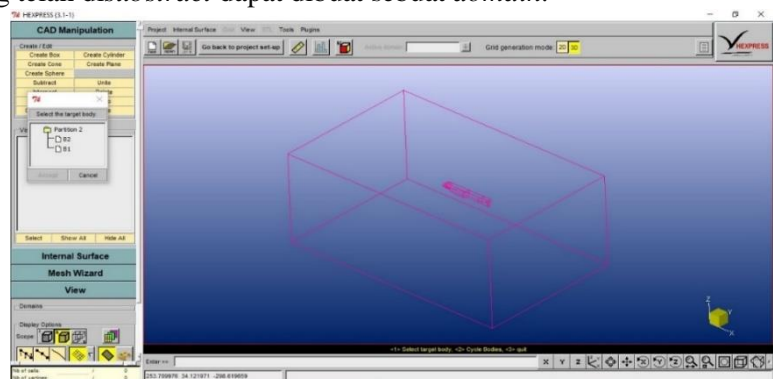


Gambar 3.7 Standart Ukuran Boundary Domain



Gambar 3.8 Pemodelan Lambung Kapal

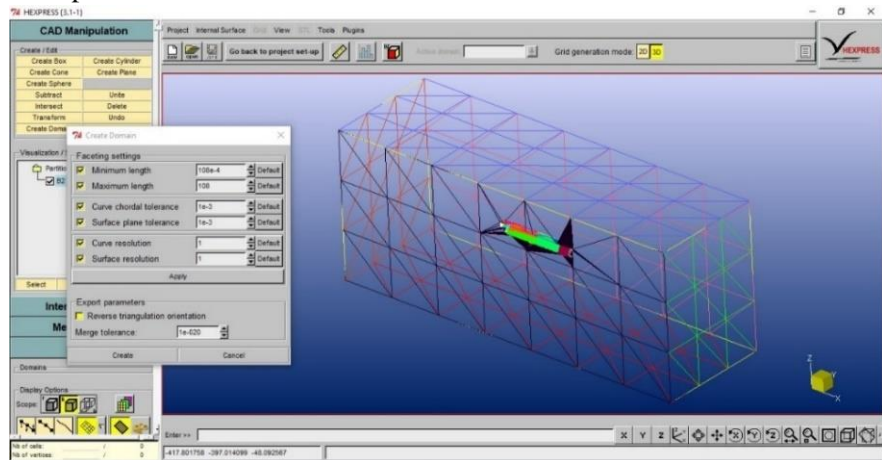
Setelah itu lambung kapal dengan bidang balok di subtract untuk menentukan bidang yang akan dialiri fluida. Sehingga bidang yang telah disubtract dapat dibuat sebuah *domain*.



Gambar 3.9 Proses Subtract

Domain merupakan daerah batas atau ruang lingkup dimana fluida tersebut berada dan bekerja. *Domain* yang digunakan adalah domain stationer dimana fluida yang bekerja adalah fluida air dan fluida udara.

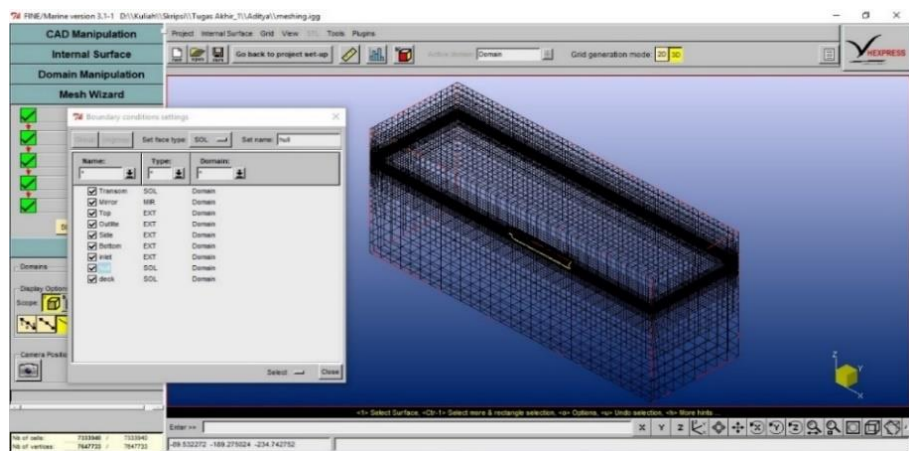
Pada *domain* ini area yang meliputi ke dalam *domain* yaitu model dari kapal.



Gambar 3.10 Proses Pembuatan *Domain*

3.6.3 *Boundary*

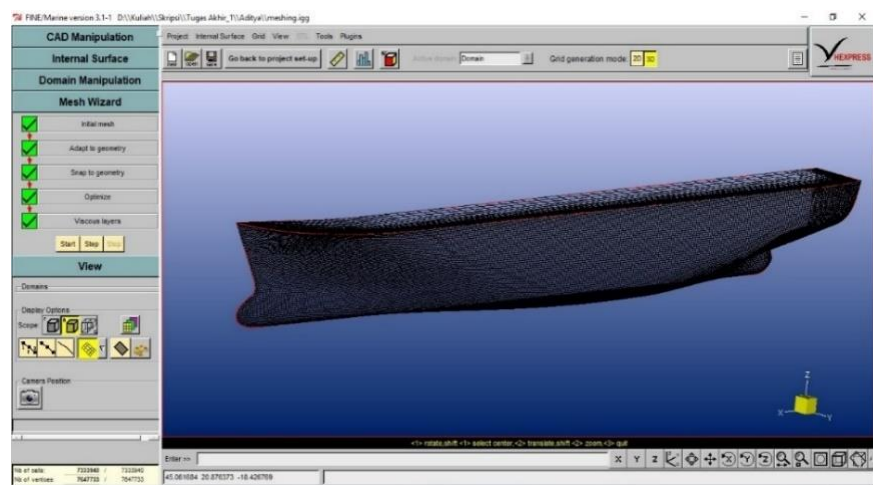
Setelah *domain* dibuat, selanjutnya menentukan *boundary* atau batas-batas yaitu menentukan letak *input* dan *output* fluida serta *solid* atau tidaknya *domain*. Batas atau *boundary* yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari model dan fluida yang bekerja, sehingga mendekati dengan kondisi sebenarnya. Pemberian batas hanya menggunakan fitur *surface*, yang digambar dengan bentuk balok yang diletakan mengelilingi model.



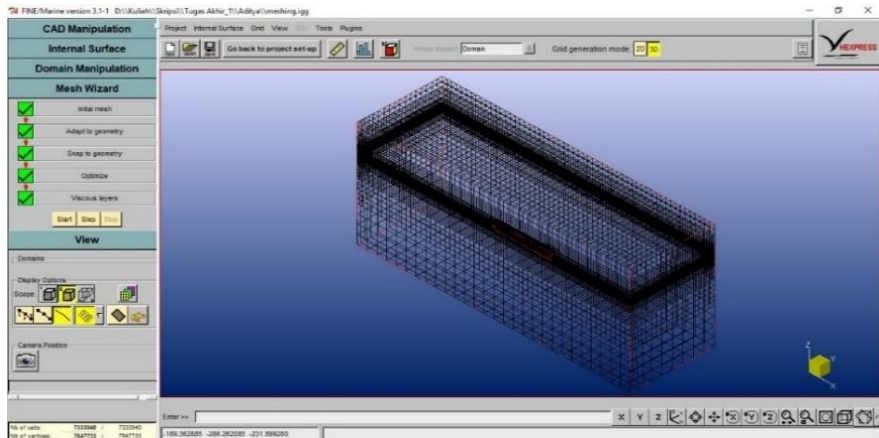
Gambar 3.11 Penentuan *Boundary*

3.6.4 *Meshing*

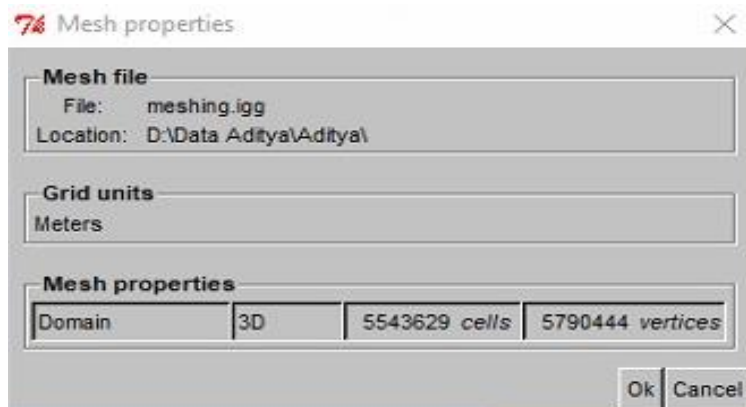
Setelah proses *boundary*, maka selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Meshing* merupakan suatu proses pembagian geometri model menjadi elemen-elemen (*cells*) dan node-node yang lebih kecil. Pada proses pengujian model dengan software CFD, setiap elemen-elemen tersebut yang akan diberikan perhitungan oleh software CFD. Durasi lamanya proses *meshing* bergantung pada ukuran *meshing* dan jumlah elemen yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran *meshing* dan semakin banyak jumlah elemennya, maka akan semakin lama pula durasi proses *meshing*. Dengan ukuran *mesh* serta jumlah elemen optimum tersebut, *mesh* yang dihasilkan berukuran sangat kecil dan sangat rapat antara satu dengan yang lain, sehingga memberikan hasil yang optimum serta meningkatkan ketelitian ketika dilakukan simulasi.



Gambar 3.12 Proses *Meshing*

Gambar 3.13 Hasil *Meshing*

Besarnya jumlah *cell* atau *grid* yang digunakan dalam perhitungan akan menentukan keakurasian hasil yang diperoleh karena jumlah *cell* mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat pemrosesan hasil. Kualitas atau jumlah *mesh grid* merupakan hal mendasar untuk *convergency* dan keakurasian simulasi/komputasi CFD.

Gambar 3.14 Jumlah *Cells* dalam Proses *Meshing*

Setelah pembuatan model sampai pada tahap meshing, maka langkah selanjutnya adalah pengujian model atau running. Pengujian model dilakukan dengan memberikan beberapa parameter. Ada beberapa parameter sebelum melakukan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine* diantaranya kondisi aliran, jenis fluida yang

akan digunakan, jenis aliran, kondisi batas geometri, kondisi kapal, kondisi gerakan kapal, variable control serta hasil analisa yang mendefinisikan mengenai jumlah dari *time step* dan periode gerakan kapal yang digunakan. Proses *running* simulasi merupakan proses perhitungan data secara komputasi oleh komputer. Pengujian terhadap model ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan dari kapal pengaruh adanya perubahan tahanan akibat perbedaan penambahan Bulbous Stern.

3.6.5 Hasil Simulasi Model

Model yang disimulasikan akan dihasilkan data berupa nilai tahanan kapal pada setiap model kapal yang telah dibuat.

3.7 Analisa dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari hasil simulasi akan dilakukan pengolahan baik secara langsung maupun diolah kembali menggunakan analitis guna mendapatkan nilai dan variable yang diinginkan. Kemudian hasil perhitungan tersebut dilakukan analisa untuk menjawab hasil dari tujuan.

3.8 Kesimpulan dan saran

Tahap ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data dan perhitungan yang dikerjakan sebelumnya, kesimpulan berisi ringkasan.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Analisa data dilakukan dengan cara membuat beberapa model desain kapal dengan bantuan beberapa program desain kapal. Selanjutnya dari beberapa model tersebut dilakukan analisa tahanan akibat penambahan *bulbous stern*.

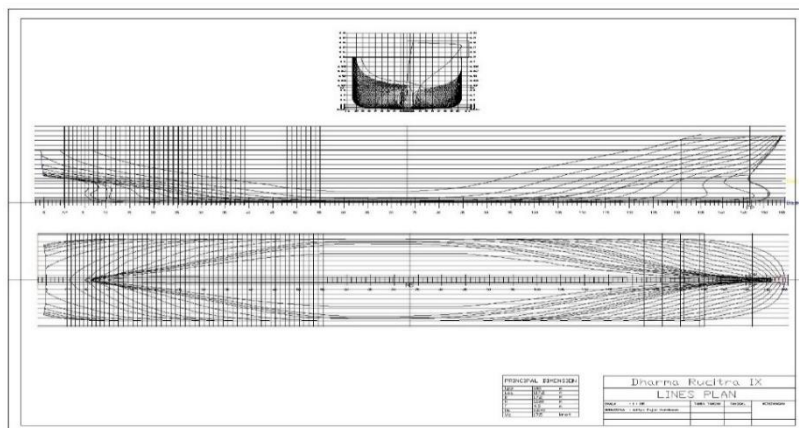
4.2 Pengumpulan Data

Data – data yang diperlukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi data *lines plan* kapal, ukuran pokok kapal, data *engine* serta data *propeller*. Berikut ini adalah data utama kapal dan sistem penggeraknya yang telah dikumpulkan oleh penulis untuk mendukung proses analisa permasalahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini :

4.2.1 Ukuran Pokok Kapal

• <i>Length of all</i> (LOA)	: 117,2 m
• <i>Length of water line</i>	: 111,24 m
• <i>Length between perpendicular</i> (LPP)	: 108 m
• <i>Breadht</i> (B)	: 17,2 m
• <i>Depth</i> (H)	: 12,01 m
• <i>Draft</i> (T)	: 4,5 m
• <i>Coefficient Block</i> (CB)	: 0.547
• <i>Coefficient Prismatic</i>	: 0.652
• <i>Speed</i> (Vs) (Engine 1)	: 17,5 knots
• <i>Speed</i> (Vs) (Engine 2)	: 10 knot

4.2.2 Data Lines Plan



Gambar 4.1 Gambar Lines Plan *Hull* Kapal

Lines Plan bertujuan untuk mengetahui bentuk kapal yang akan direncanakan terutama dibawah garis air. *Lines Plan* merupakan tahapan selanjutnya untuk proses merancang suatu kapal berdasarkan data kapal yang diperoleh.

4.2.3 Data Engine

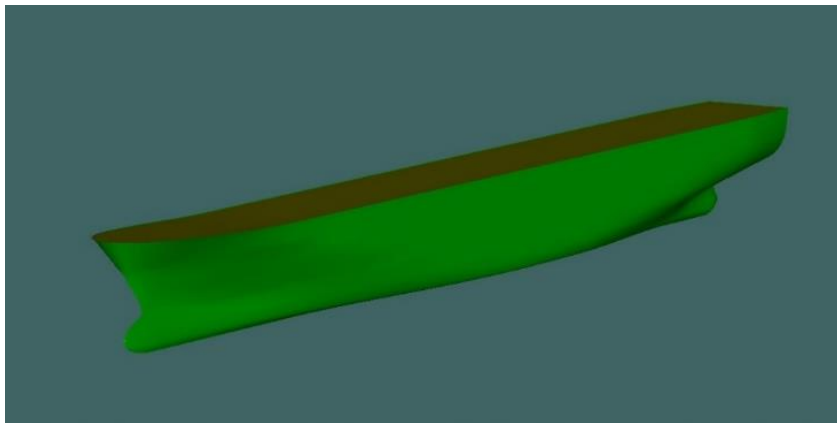
Tabel 4.1 Data Daya Mesin Induk

No	Engine 1	Engine 2
1	1 x 6400 HP	Existing + 2 x 1200 HP

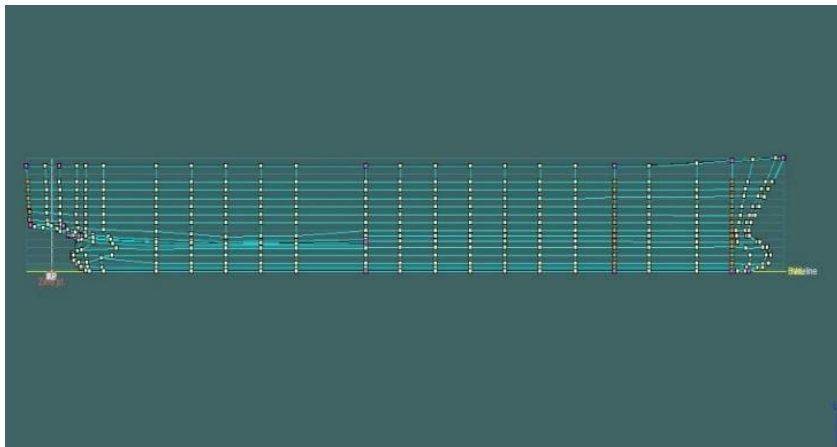
- Data Engine 1
 - Merk : HITACHI ZOSEN – B&W
 - Type : 8L35MC
 - Daya Max : 6400 HP/4772 kW
 - Jml Cylinder : 8
 - Cylinder Bore : 350 mm
 - Piston Stroke : 1050 mm
 - RPM : 210 rpm
 - SFOC : 177 g/kWh
- Data Engine 2
 - Merk : YANMAR
 - Type : 6N21A-SV
 - Daya Max : 1200 HP/883 Kw
 - Jml Cylinder : 6
 - Cylinder Bore : 210 mm
 - Piston Stroke : 290 mm
 - RPM : 850 rpm
 - SFOC : 175,9 kg/hr

4.3 Pembuatan Model Lambung Kapal

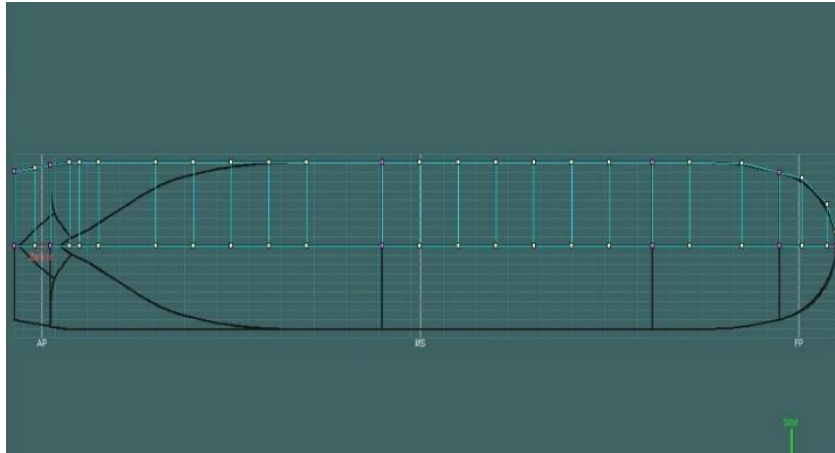
Pada tahap pemodelan kapal dilakukan berdasarkan data linesplan kapal yang sudah ada. Pada tahap ini dilakukan proses pembuatan bentuk tiga dimensi dari model kapal. Pembuatan model lambung kapal menggunakan *software Maxsurf Modeller*. yaitu salah satu program aplikasi pemodelan *hull* kapal.



Gambar 4.2 Pemodelan *Hull* Pandangan Prespective



Gambar 4.3 Pemodelan *Hull* Pandangan Samping



Gambar 4.4 Pemodelan *Hull* Pandangan Atas

4.4 Analisa Tahanan Model Kapal

Analisa tahanan yang dilakukan pada tahap ini untuk membandingkan nilai tahanan pada model kapal dengan menggunakan software *NUMECA Fine Marine (CFD)*.

4.4.1 Analisa Hambatan Kapal (*NUMECA Fine Marine*)

Untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal dengan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine (CFD)*, ada beberapa tahapan pada simulasi CFD untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal. Model yang telah dibuat akan *dimeshing* pada software *NUMECA Fine Marine (CFD)* dengan besar meshing yang disesuaikan dengan bentuk dari model kapal. Kemudian akan dilanjutkan dengan pemberian batasan atau *boundary condition*.

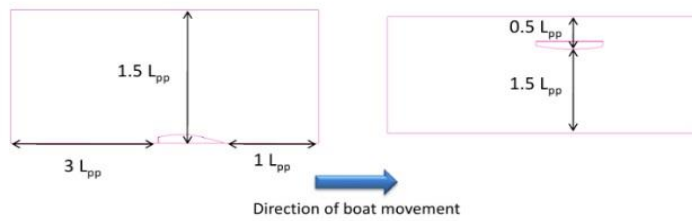
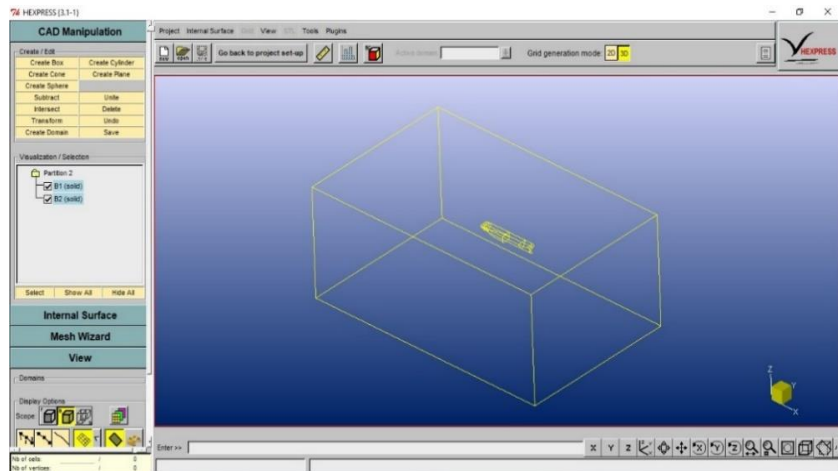
4.4.1.1 Simulasi/ Running Model

- Proses Geometri CAD

Proses simulasi pada software *CFD* dimulai dari pembuatan model badan kapal yang berasal dari *Maxsurf Modeller* kemudian diexport ke program CAD 3D untuk membuat model kapal menjadi *solid*. Model kapal yang dibuat dari beberapa *surface* dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat sehingga menjadi benda pejal. Setelah menjadi *solid*, model disimpan dalam bentuk format *Parasolid (.x_t)*.

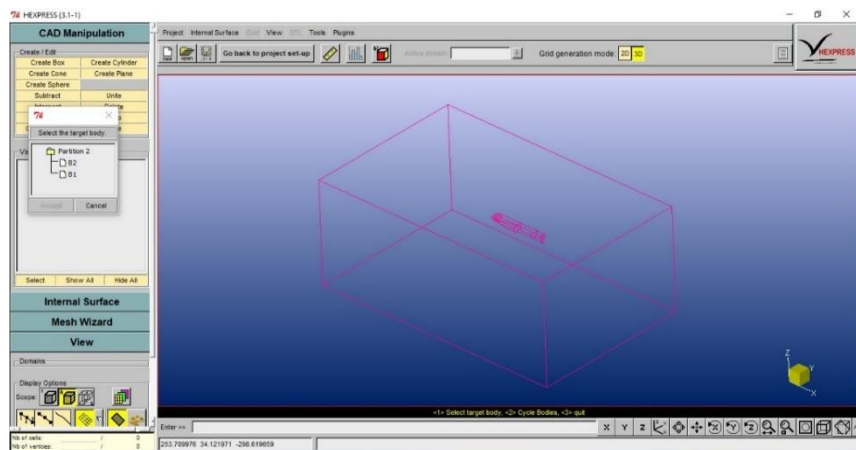
- Domain

Pemodelan dilakukan dengan membuat dua bidang utama yaitu lambung kapal dan bidang balok. Lambung kapal akan menjadi bidang yang akan dicari nilai gayanya, sedangkan bidang balok sebagai media fluida atau tempat mengalirnya fluida.

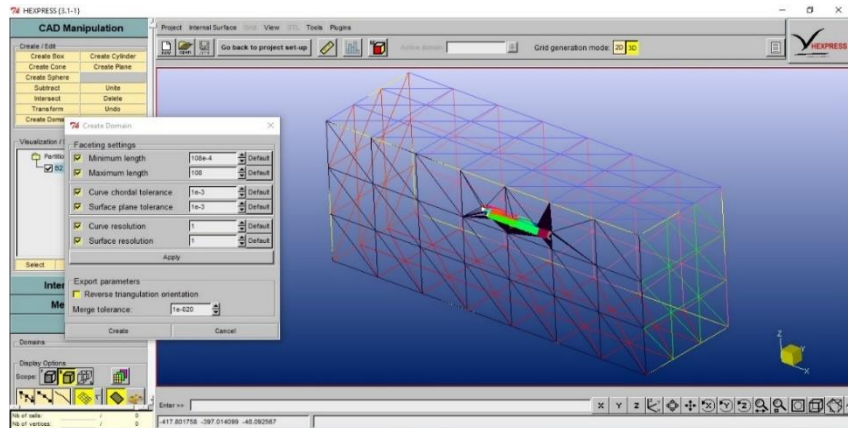
Gambar 4.5 Standart Ukuran *Boundary Domain*

Gambar 4.6 Pemodelan Lambung Kapal

Setelah itu lambung kapal dengan bidang balok di subtract untuk menentukan bidang yang akan dialiri fluida. Sehingga bidang yang telah *disubtract* dapat dibuat sebuah *domain*.

Gambar 4.7 Proses *Subtract*

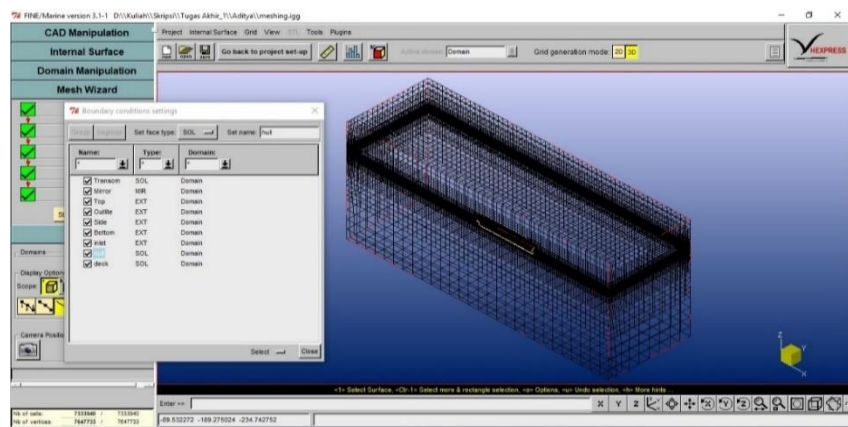
Domain merupakan daerah batas atau ruang lingkup dimana fluida tersebut berada dan bekerja. *Domain* yang digunakan adalah *domain stationer* dimana fluida yang bekerja adalah fluida air dan fluida udara. Pada domain ini area yang meliputi ke dalam *domain* yaitu model dari kapal.



Gambar 4.8 Proses Pembuatan *Domain*

■ *Boundary*

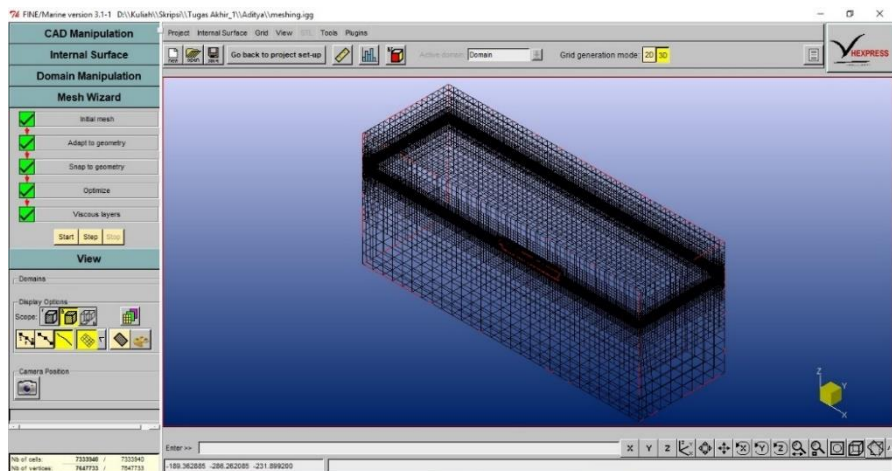
Setelah domain dibuat, selanjutnya menentukan *boundary* atau batas-batas yaitu menentukan letak *input* dan *output* fluida serta *solid* atau tidaknya *domain*. Batas atau *boundary* yang dibuat untuk mengetahui karakteristik dari model dan fluida yang bekerja, sehingga mendekati dengan kondisi sebenarnya. Pemberian batas hanya menggunakan fitur *surface*, yang digambar dengan bentuk balok yang diletakan mengelilingi model.



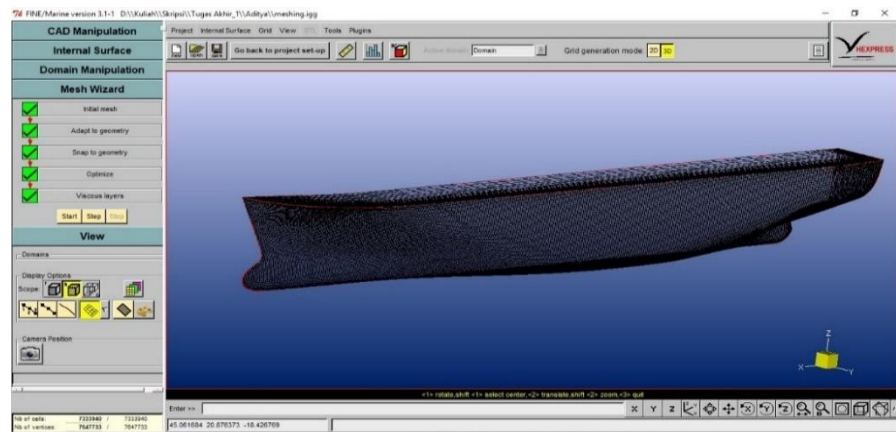
Gambar 4.9 Penentuan *Boundary*

▪ *Meshing*

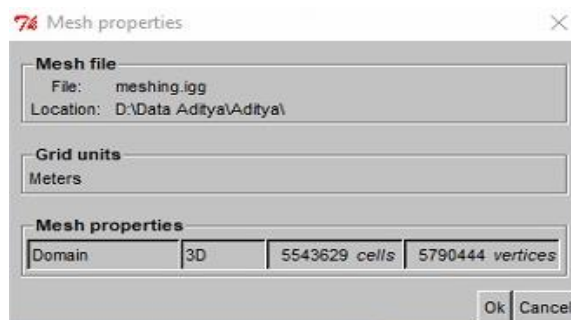
Setelah proses *boundary*, maka selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Meshing* merupakan suatu proses pembagian geometri model menjadi elemen-elemen (*cells*) dan node-node yang lebih kecil. Pada proses pengujian model dengan software CFD, setiap elemen-elemen tersebut yang akan diberikan perhitungan oleh software CFD. Durasi lamanya proses *meshing* bergantung pada ukuran *meshing* dan jumlah elemen yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran *meshing* dan semakin banyak jumlah elemennya, maka akan semakin lama pula durasi proses *meshing*. Dengan ukuran mesh serta jumlah elemen optimum tersebut, *mesh* yang dihasilkan berukuran sangat kecil dan sangat rapat antara satu dengan yang lain, sehingga memberikan hasil yang optimum serta meningkatkan ketelitian ketika dilakukan simulasi.



Gambar 4.10 Proses *Meshing*

Gambar 4.11 Hasil *Meshing*

Besarnya jumlah *cell* atau *grid* yang digunakan dalam perhitungan akan menentukan keakurasian hasil yang diperoleh karena jumlah *cell* mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat pemrosesan hasil. Kualitas atau jumlah *mesh grid* merupakan hal mendasar untuk *convergency* dan keakurasian simulasi/komputasi CFD. Kualitas dan nilai *grid* didiskusikan secara detail oleh Thompson dkk (1999) dan Deng dkk (2010).

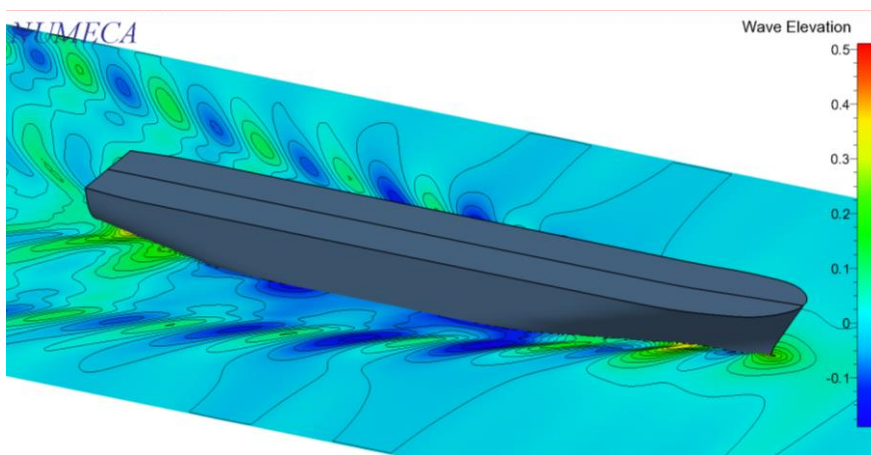
Gambar 4.12 Jumlah *Cells* dalam Proses *Meshing*

Setelah pembuatan model sampai pada tahap *meshing*, maka langkah selanjutnya adalah pengujian model atau *running*. Pengujian model dilakukan dengan memberikan beberapa parameter. Ada beberapa parameter sebelum melakukan simulasi pada software *NUMECA Fine Marine* diantaranya kondisi aliran, jenis fluida yang akan digunakan, jenis aliran, kondisi batas geometri, kondisi kapal, kondisi gerakan kapal, variable control serta hasil analisa yang mendefinisikan mengenai jumlah dari *time step* dan periode gerakan kapal yang digunakan. Proses *running*

simulasi merupakan proses perhitungan data secara komputasi oleh komputer. Pengujian terhadap model ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan dari kapal pengaruh adanya tahanan tambahan akibat perbedaan operasional sistem *propulsi*.

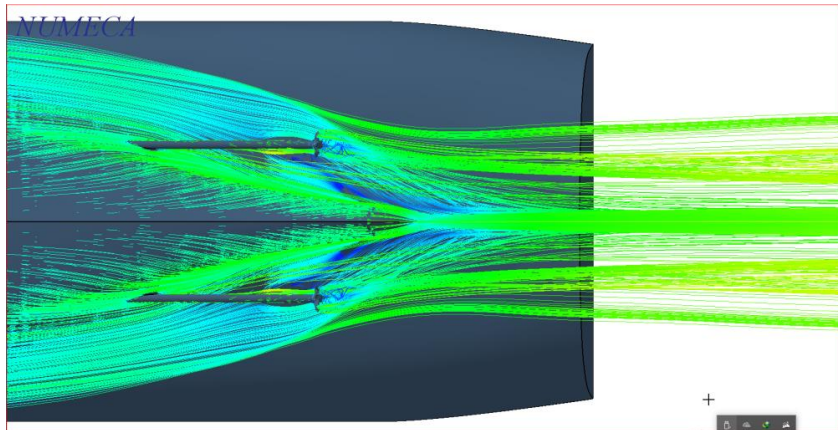
4.4.1.2 Hasil Simulasi Model

Model yang disimulasikan akan dihasilkan data berupa nilai tahanan kapal pada setiap model kapal yang telah dibuat. Terdapat 1 model. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa nilai tahanan tambahan yang terjadi pada kapal. Berikut adalah hasil simulasi pada kondisi kapal tanpa ada tambahan *modifikasi Bulbous stern*.

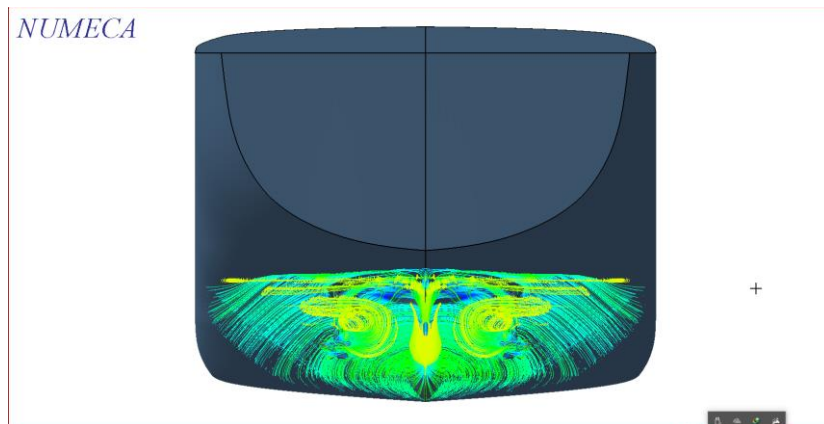


Gambar 4.13 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart

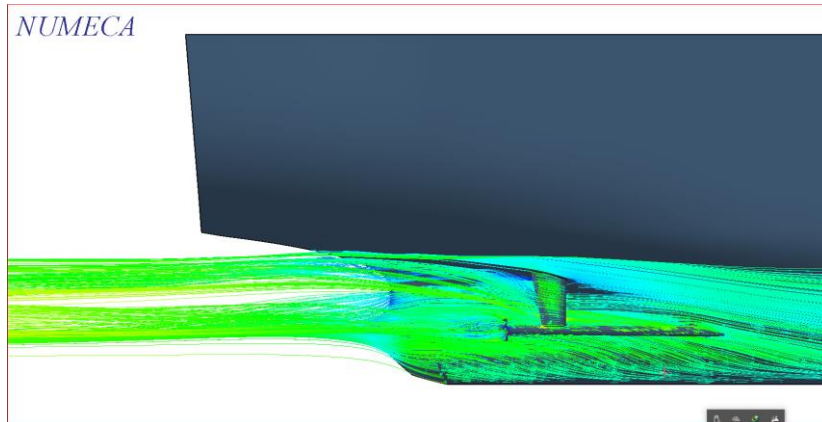
Pada Gambar 4.13 dan 4.14 mengilustrasikan kontur pada kondisi gelombang pada sarat kapal 4,5 meter dan kecepatan kapal 17,5 knot, dapat diketahui bawah gelombang yang dihasilkan oleh kapal membentuk sudut yang tidak sama pada bagian buritan kapal, semakin jauh dari buritan lambung kapal sudut yang dihasilkan semakin besar. Hasil simulasi merupakan interaksi antara aliran fluida udara dan air laut terhadap kapal yang dapat menyebabkan *force* ataupun gaya yang menghambat kapal.



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart

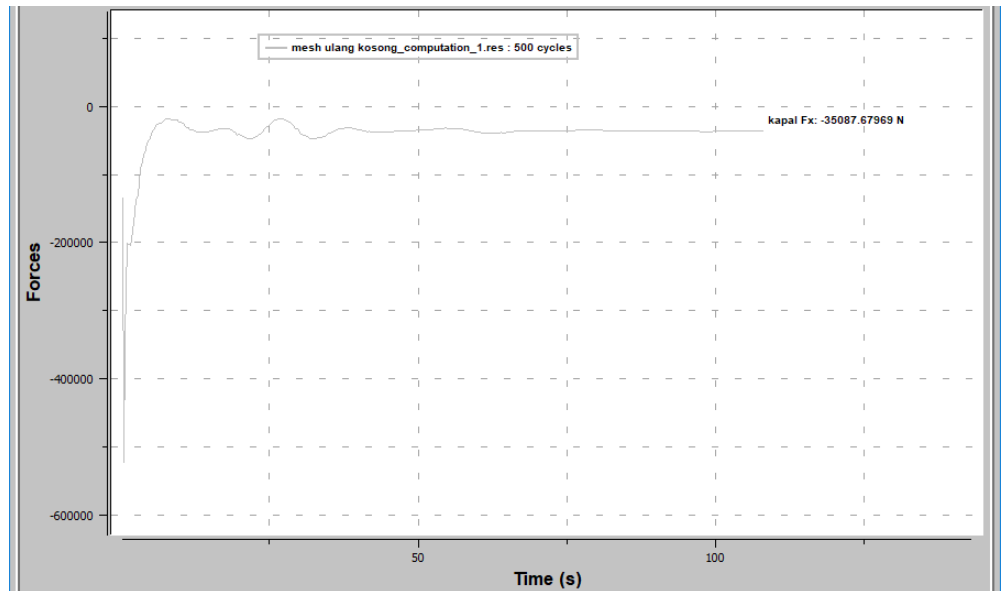


Gambar 4.15 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Gelombang pada Model Standart

Pada gambar 4.15 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat dilihat aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan aliran setelah melewati bagian buritan kapal.



Gambar 4.17 Analisa Tahanan Kapal pada *Software NUMECA Fine Marine*

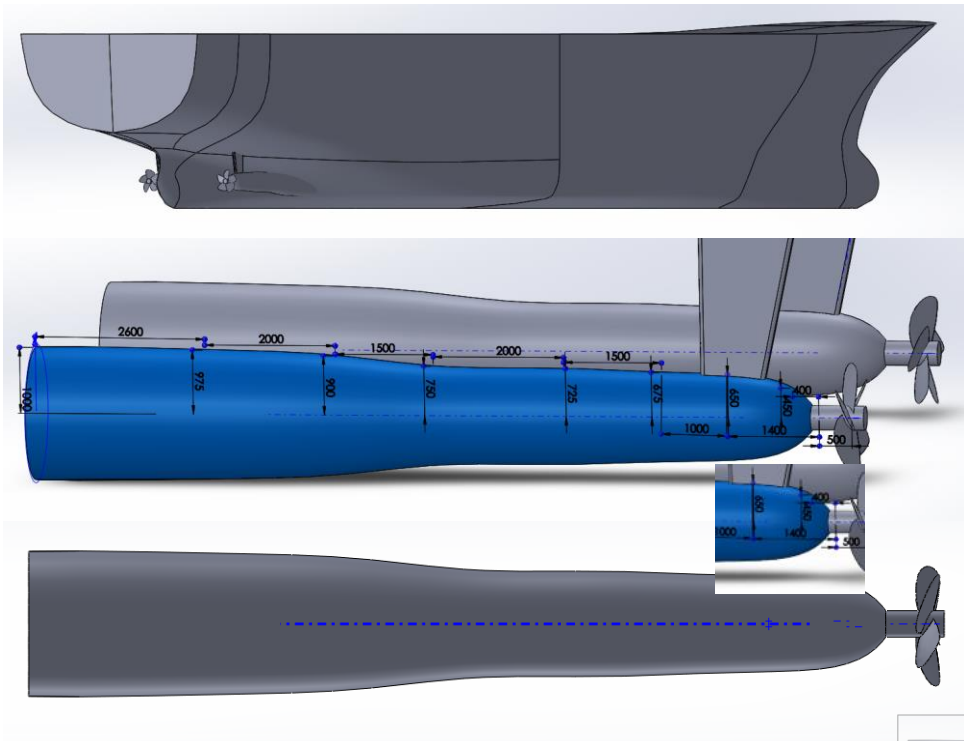
Dari gambar diatas, diketahui nilai tahanan kapal yang diperoleh dari simulasi pada *software NUMECA Fine Marine* pada kecepatan *servis* sebesar 10 knot adalah sebesar 35.087 kN, karena ketika pemodelan pada *software NUMECA* lambung kapal dibagi menjadi 2 bagian, maka nilai tahanan yang didapatkan dari hasil simulasi dikalikan 2 untuk mendapatkan nilai tahanan penuh dari kapal sehingga nilai tahanan pada kapal sebesar 70.17 kN.

4.5 Pembuatan Model Lambung Kapal dengan tambahan *Bulbous Stern*

Pembuatan model kapal dengan menambahkan *Bulbous Stern* sebagai tahanan tambahan pada kapal, pembuatan model dilakukan pada software SOLIDWORKS. Terdapat tiga jenis penggambaran model lambung kapal, yaitu lambung kapal dengan variasi ukuran dari *Bulbous Stern*.

4.5.1 Pemodelan Lambung Kapal dengan *Bulbous Stern* Model 1

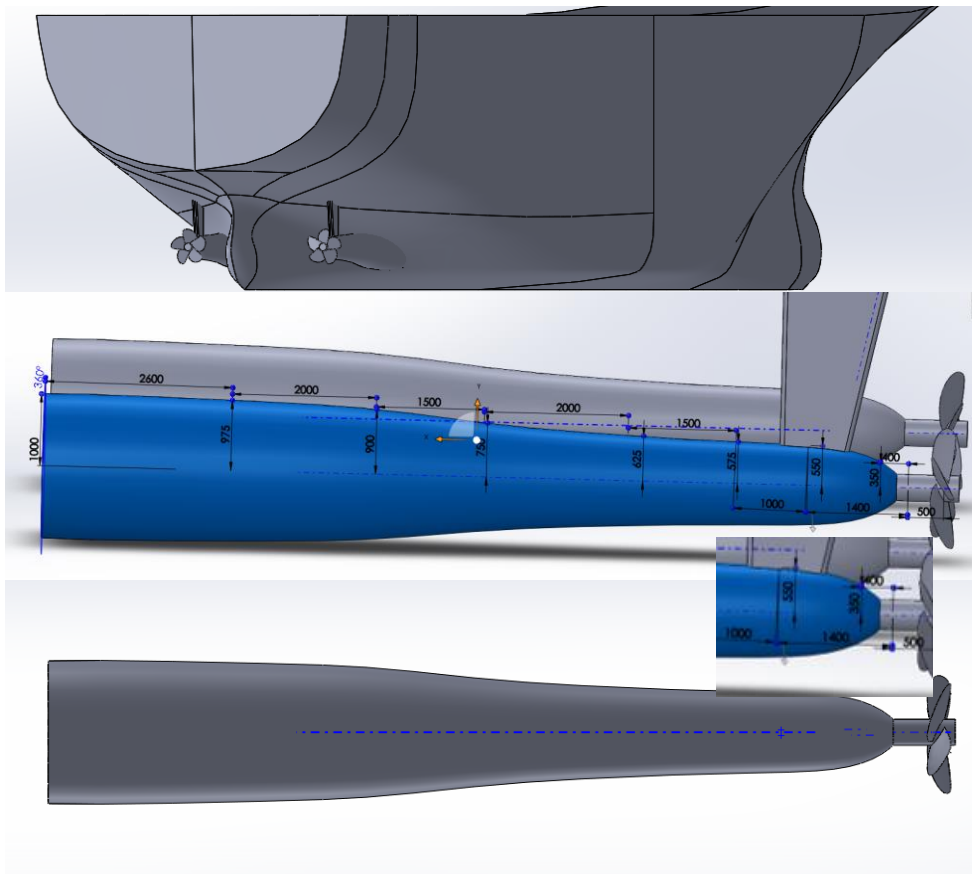
Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal. Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan *Bulbous Stern* menggunakan software SOLIDWORKS berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 4.18 Geometri *Bulbous Stern* Model 1

4.5.2 Pemodelan Lambung Kapal dengan *Bulbous Stern* Model 2

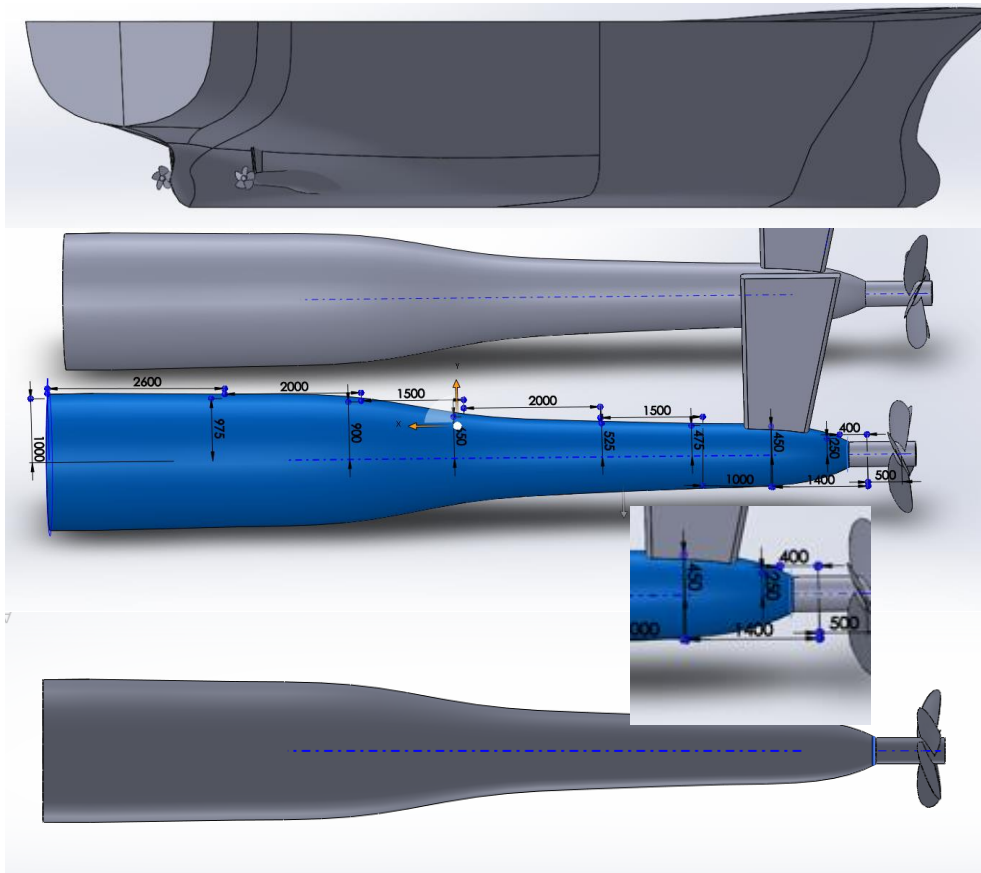
Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal. Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan *Bulbous Stern* menggunakan software SOLIDWORKS berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 4.19 Geometri *Bulbous Stern* Model 2

4.5.3 Pemodelan Lambung Kapal dengan *Bulbous Stern* Model 3

Pada tahap pemodelan ini akan dilakukan berdasarkan model yang telah dibuat di awal. Pada tahap ini terlebih dahulu dilakukan pemodelan *Bulbous Stern* menggunakan software SOLIDWORKS berdasarkan ukuran yang telah ditetapkan.

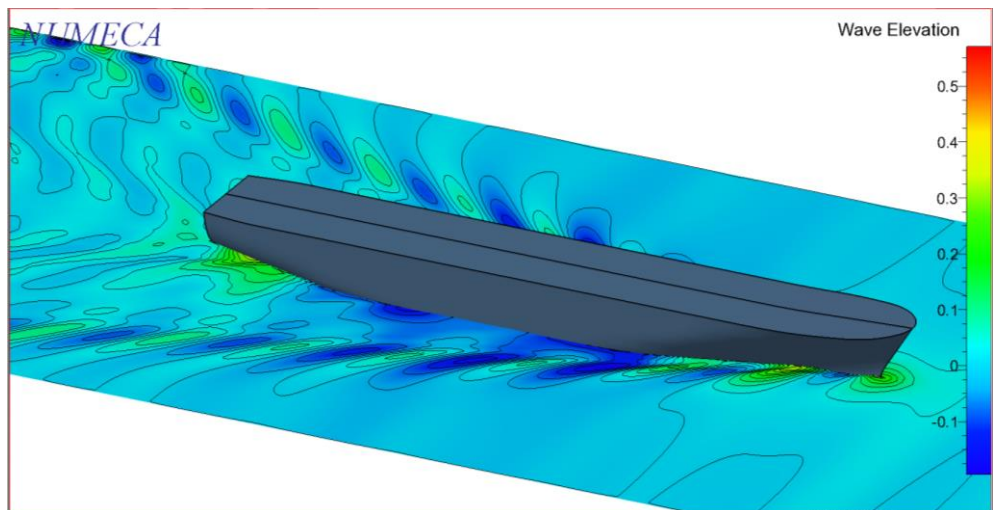


Gambar 4.20 Geometri *Bulbous Stern* Model 3

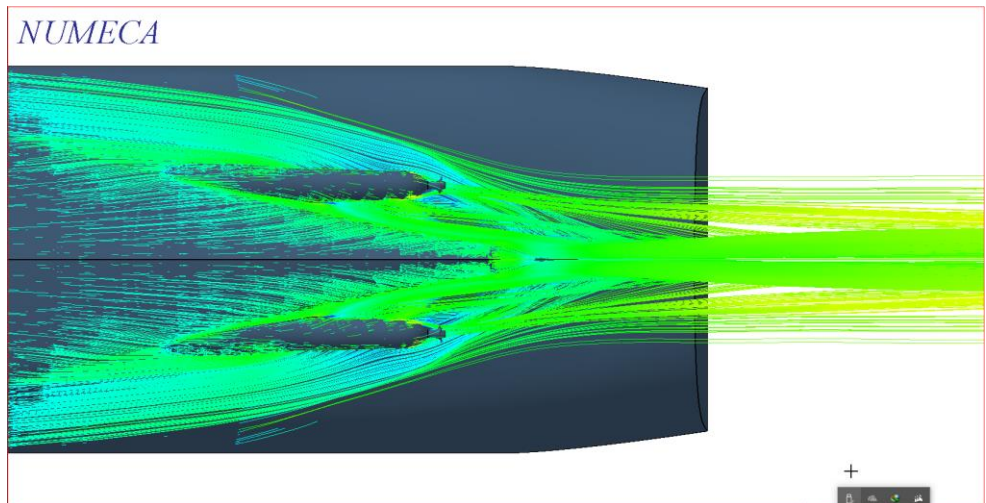
4.6 Hasil Simulasi Pola Aliran dan Tahan Kapal dengan Tambahan *Bulbous Stern*

Analisa pola aliran kapal pada model lambung kapal dengan tambahan *Bulbous Stern* menggunakan software *NUMECA Fine Marine* untuk mendapatkan nilai tahanan pada kapal. Model lambung kapal akan disimulasi atau di *running* pada software *NUMECA Fine Marine* dengan memberika. Data – data tersebut akan digunakan untuk analisa nilai tahanan tambahan yang terjadi pada kapal.

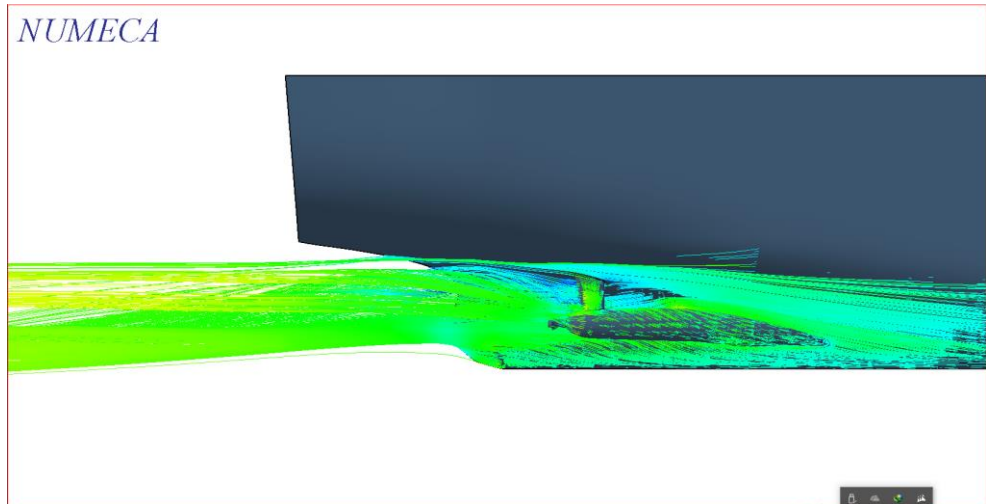
4.6.1 Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan *Bulbous Stern* Model 1



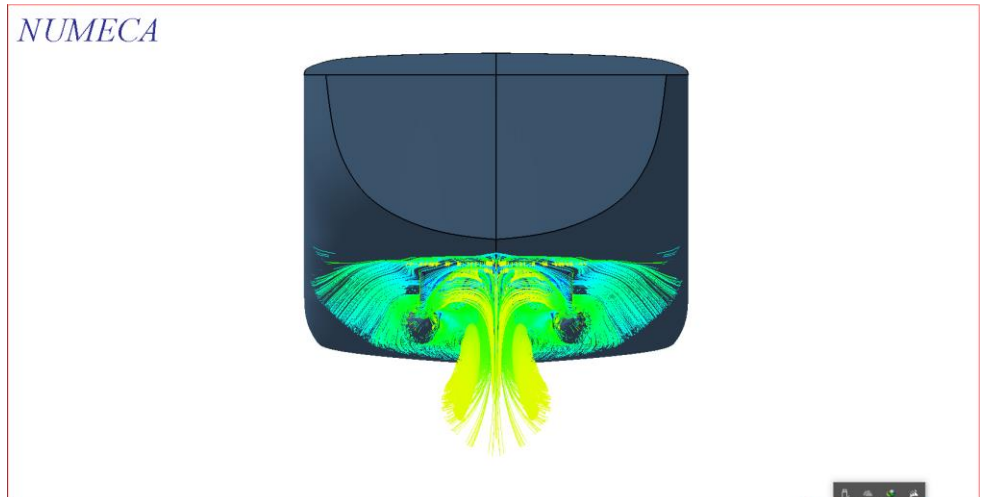
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 1)



Gambar 4.22 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern Model 1*)



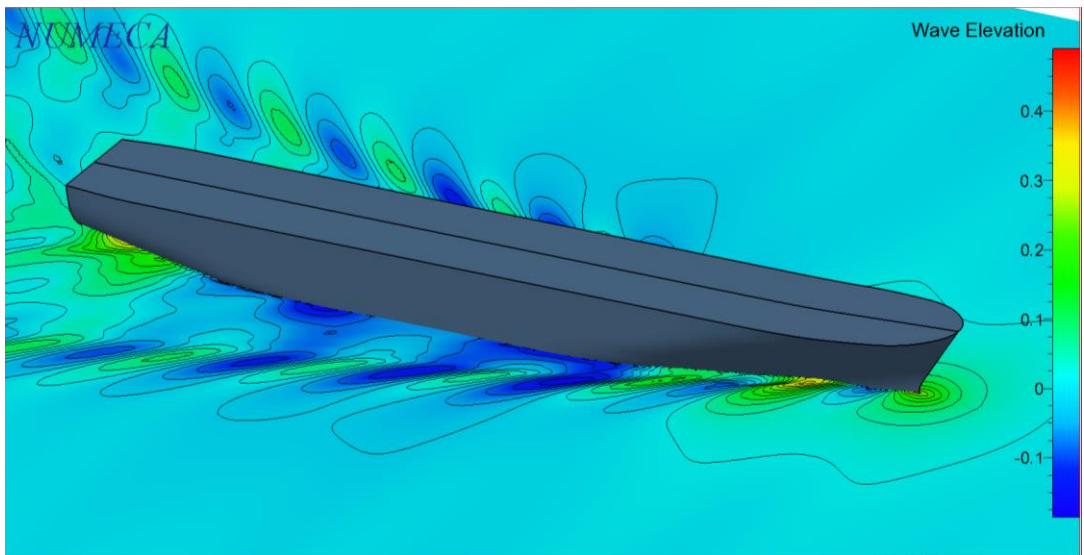
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern Model 1*)



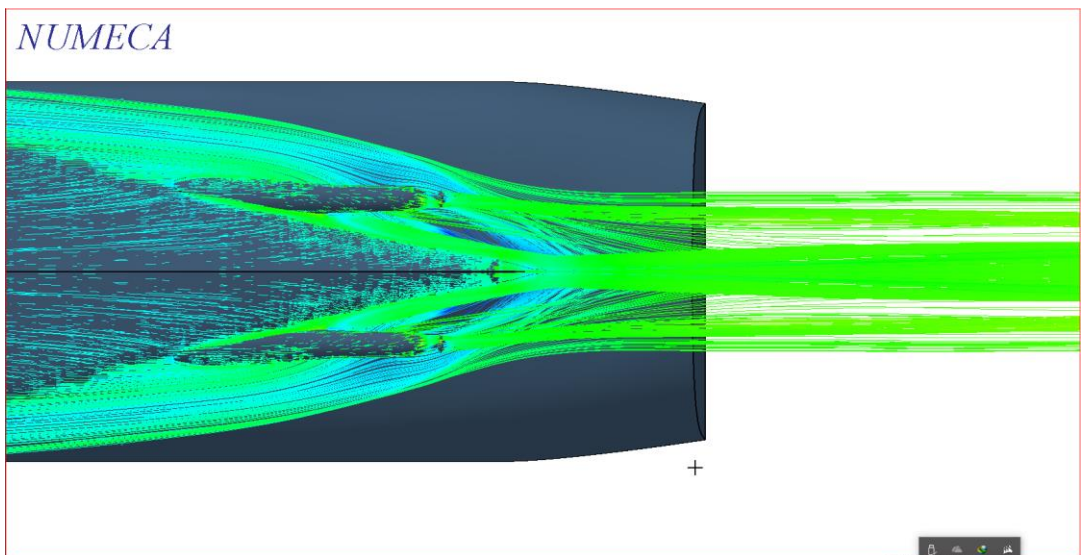
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern Model 1*)

Pada gambar 4.21 sampai 4.24 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran tekanan yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan kecepatan aliran setelah melewati propeller .

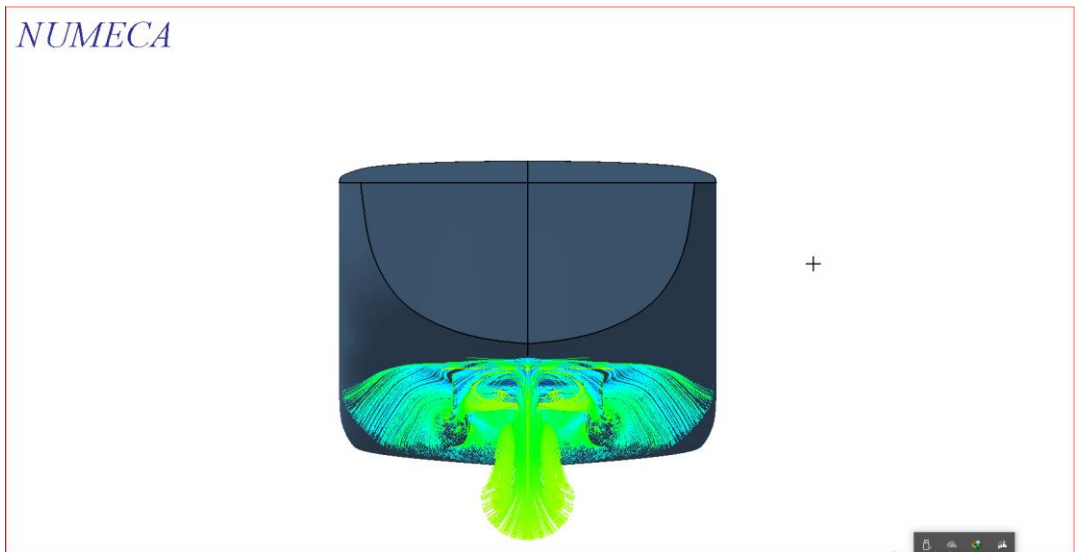
4.6.2 Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan *Bulbous Stern* Model 2



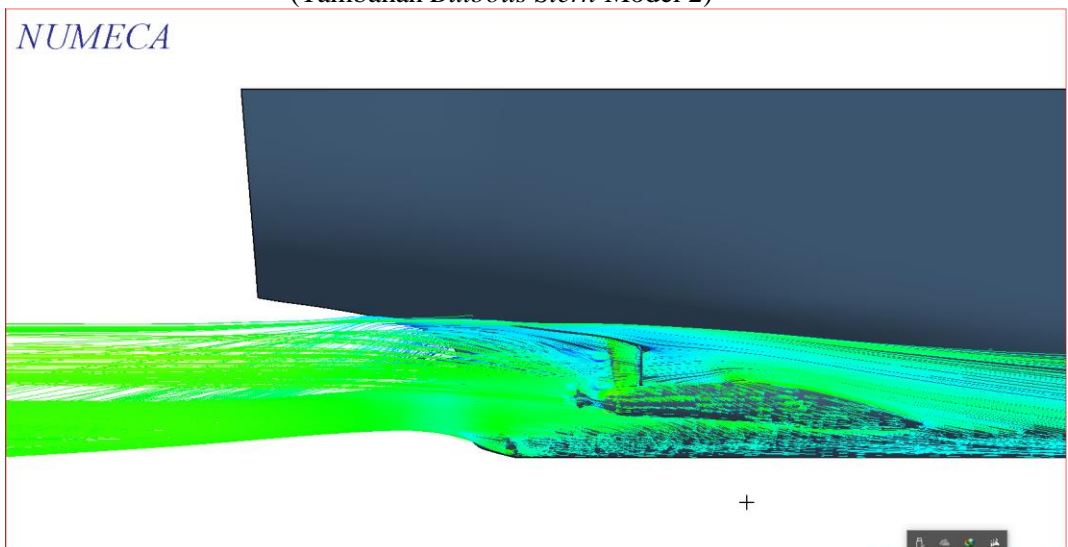
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 2)



Gambar 4.26 Hasil Simulasi Gelombang tampak bawah pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 2)



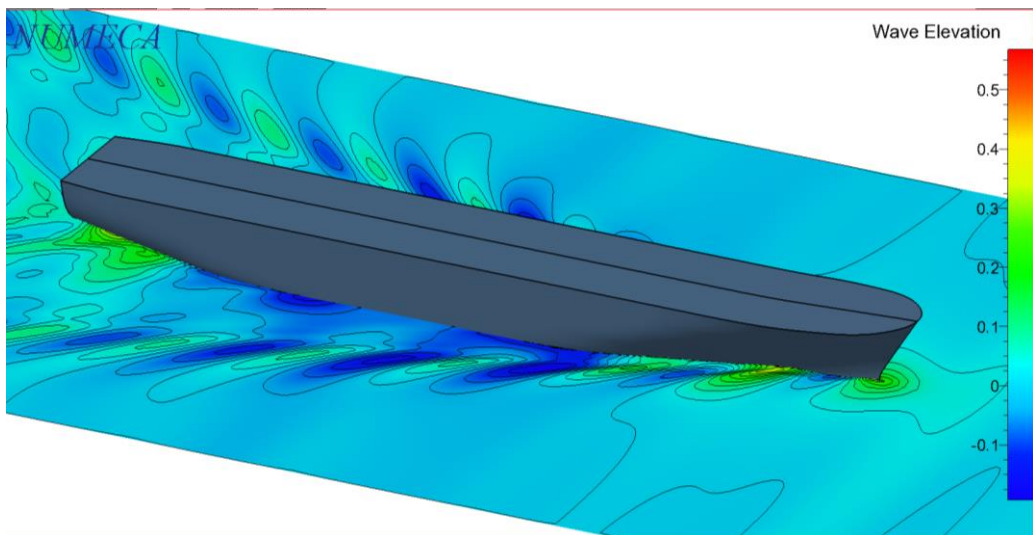
Gambar 4.27 Hasil Simulasi Gelombang tampak belakang pada kecepatan 10 knot
(Tambahan *Bulbous Stern* Model 2)



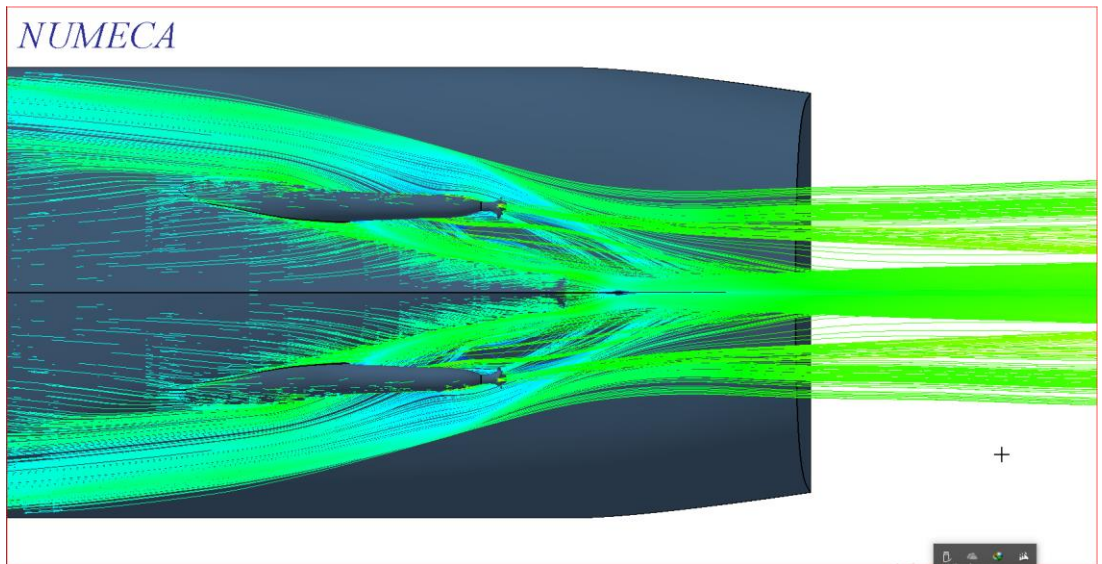
Gambar 4.28 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot
(Tambahan *Bulbous Stern* Model 2)

Pada gambar 4.25 sampai 4.28 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran dan tekanan yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan kecepatan aliran setelah melewati propeller .

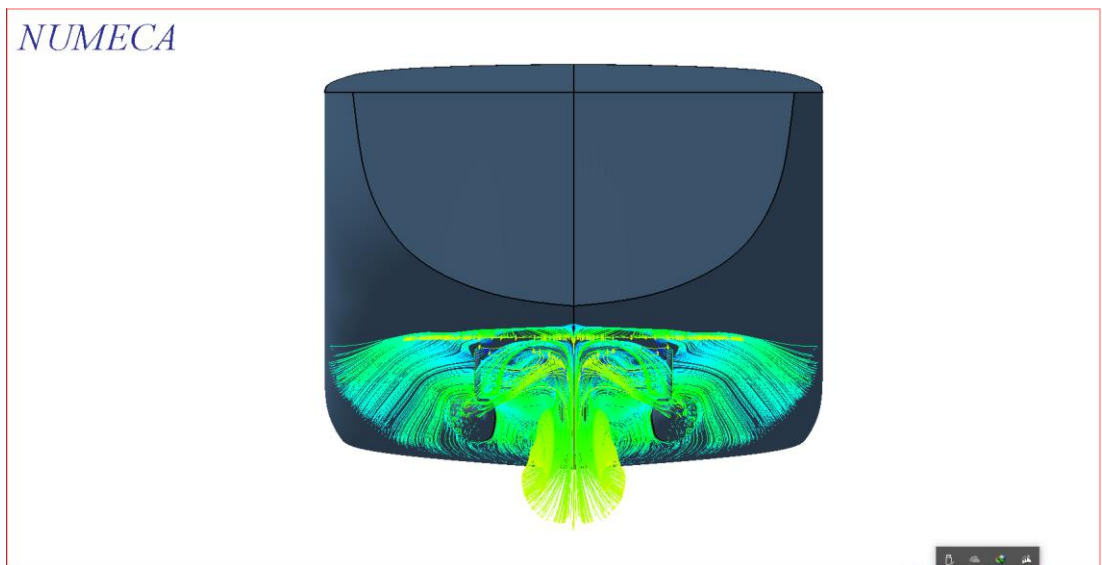
4.6.3 Hasil Simulasi Pola Aliran dengan Tambahan *Bulbous Stern* Model 3



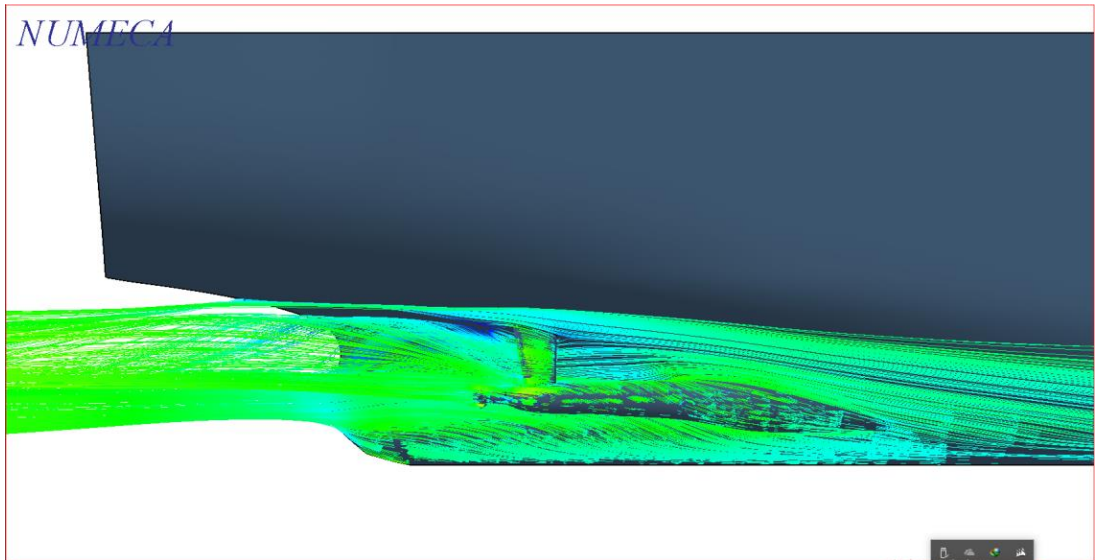
Gambar 4.29 Hasil Simulasi Gelombang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 1)



Gambar 4.30 Hasil Simulasi Gelombang tampak bawah pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 3)



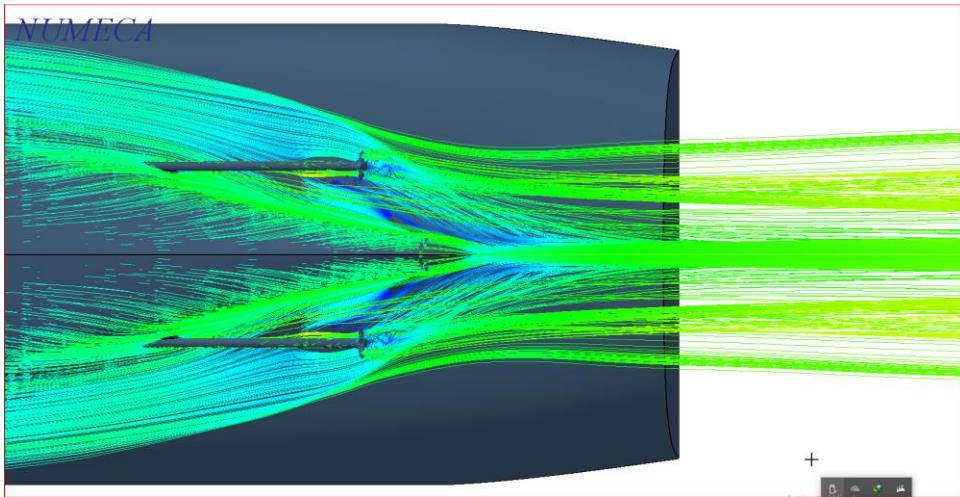
Gambar 4.31 Hasil Simulasi Gelombang tampak belakang pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 3)



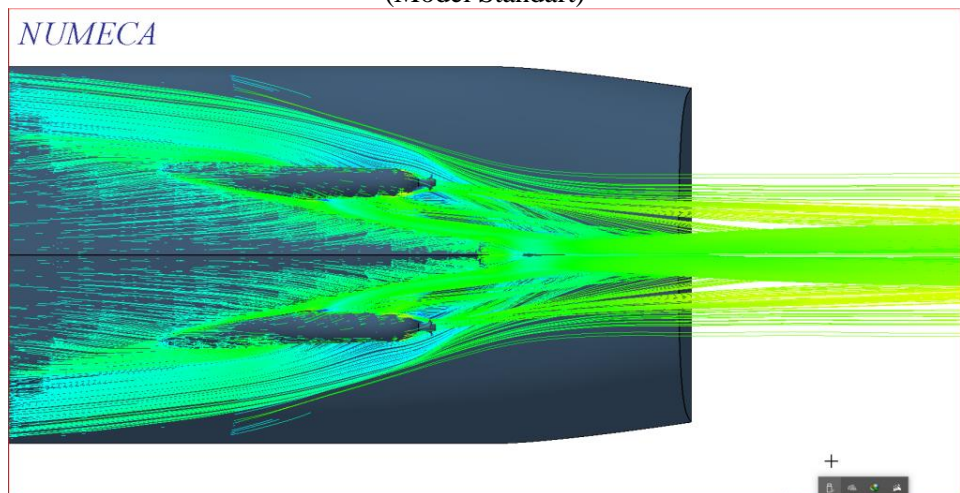
Gambar 4.32 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 knot (Tambahan *Bulbous Stern* Model 3)

Pada gambar 4.29 sampai 4.32 ditampilkan kontur aliran fluida yang melewati lambung kapal. Dari gambar tersebut dapat diketahui aliran yang melewati lambung kapal ini seragam. Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa fluida mempunyai kecepatan aliran dan tekanan yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal. Hal ini menunjukkan bahwa aliran fluida mengalami kenaikan kecepatan aliran setelah melewati propeller .

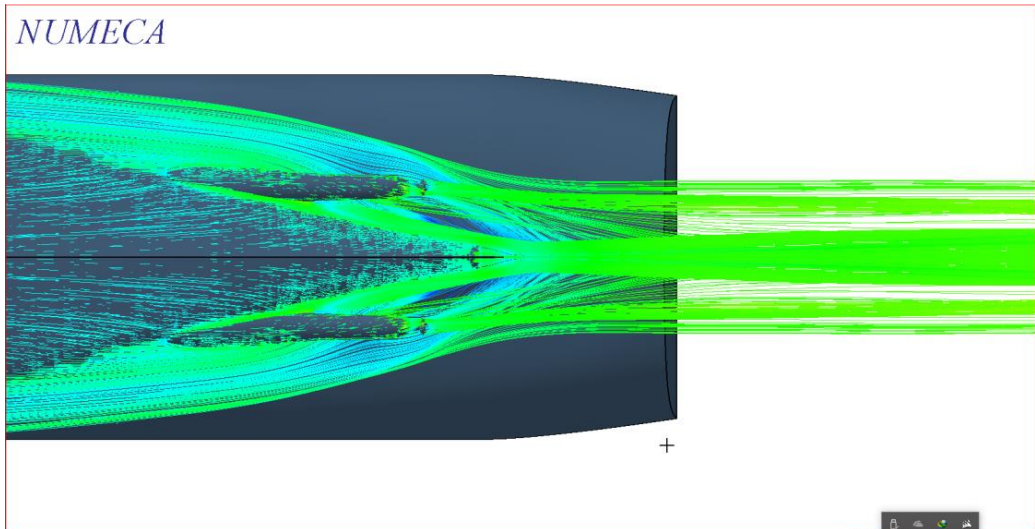
4.6.3 Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan *Bulbous Stern*



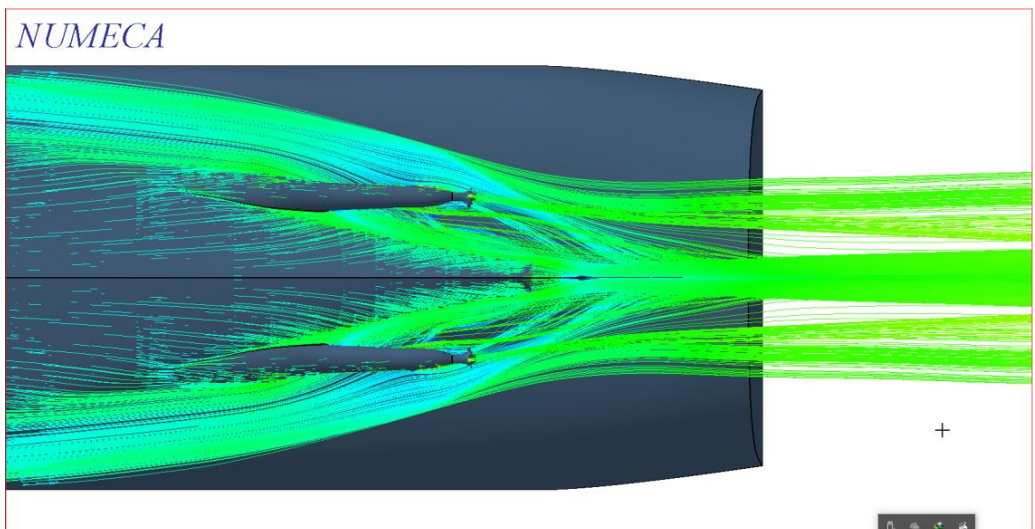
Gambar 4.333 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 **knot** (Model Standart)



Gambar 4.344 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 **knot** (Model 1)



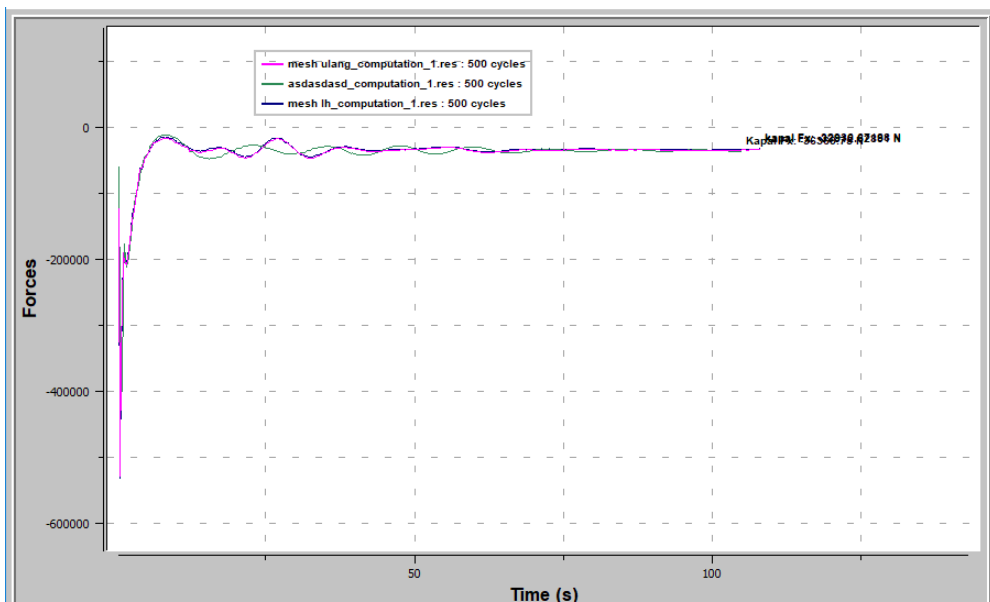
Gambar 4.355 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 **knot** (Model 2)



Gambar 4.366 Hasil Simulasi Gelombang tampak samping pada kecepatan 10 **knot** (Model 3)

Secara teori dengan menambahkan Bulbous Stern yang lebih besar di harapkan mendapat hasil aliran yang lebih streamline sehingga tahanan menjadi lebih kecil. Dengan penambahan bolbous stern semua pola aliran menjadi samkin terpusat masuk kedalam propeller. Semakin baik pula pola aliran seperti pada model 1.

4.6.4 Hasil Simulasi Tahanan Kapal dengan Tambahan *Bulbous Stern*



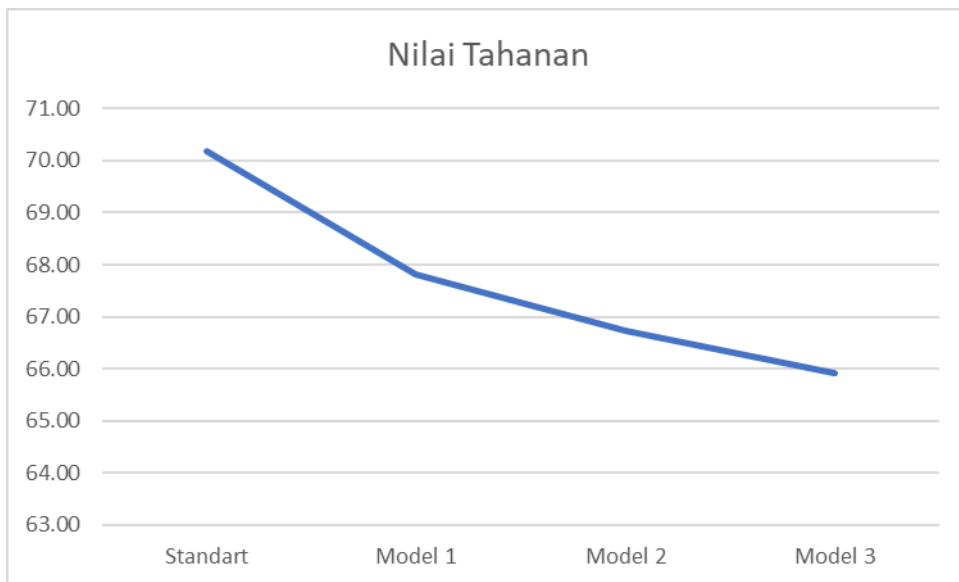
Gambar 4.377 Hasil Hambatan Kapal pada Software NUMECA Fine Marine (Lambung Kapal dengan Tambahan *Bulbous Stern*)

Pada gambar 4.33 merupakan hasil nilai tahanan kapal pada software CFD. karena ketika pemodelan pada software *NUMECA* lambung kapal dibagi menjadi 2 bagian, maka nilai tahanan yang didapatkan dari hasil simulasi dikalikan 2 untuk mendapatkan nilai tahanan penuh dari kapal. Pada gambar tersebut dapat dilihat hasil nilai tahanan kapal dari berbagai variasi model *Bulbous Stern*, dimana semakin tinggi grafik yang dihasilkan maka semakin besar nilai tahanan yang dihasilkan. Nilai tahanan tersebut berbanding lurus dengan ukuran model *Bulbous Stern*, dimana semakin besar *Bulbous Stern* maka semakin besar pula tahanan kapal. Nilai-nilai tahanan tersebut telah disajikan pada table 4.2 dengan variasi model

Table 2 Hasil Nilai Hambatan Kapal

No	Model	Kecepatan		Tahanan (kN)
		Knot	m/s	
1	Tanpa Bulbous Stern	10	5.1444	70.17
2	Model 1	10	5.1444	67.82
3	Model 2	10	5.1444	66.74
4	Model 3	10	5.1444	65.92

Grafik 1 Nilai Tahan Kapal Semua Model



Secara teori dengan menambahkan Bulbous Stern yang lebih besar di harapkan mendapat hasil aliran yang lebih streamline sehingga tahanan menjadi lebih kecil. sehingga tahanan menjadi lebih kecil. Tetapi dengan penambahan Bulbous Stern yang besar bertambah besar pula tahanan gesek yang di hasil kan. Maka hasil yang didapat kan dengan variasi nodel 3 yang memiliki tahanan total paling rendah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa data yang telah dilakukan, maka penulis dapat menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pada kecepatan 10 knot pada model kapal standard tanpa adanya *Bulbous Stern* memiliki nilai tahanan sebesar 70.17kN, dibandingkan dengan model kapal dengan adanya tambahan *Bulbous Stern* memiliki nilai tahanan yang paling baik sebesar 65.92 kN, selisih nilai tahanan kapal sebesar 4.25kN.
2. Pada model 3 di dapat kan hasil tahanan paling kecil. Karena pola aliran yang dihasil lebih baik disbanding kan dengan model lain nya. Secara teori dengan menambahkan *Bulbous Stern* yang lebih besar di harapkan mendapat hasil aliran yang lebih *streamline* sehingga tahan menjadi lebih kecil.
3. Pada model 3 di dapat kan hasil tahanan paling kecil. Secara teori dengan menambahkan *Bulbous Stern* yang lebih besar di harapkan mendapat hasil aliran yang lebih *streamline* sehingga tahan menjadi lebih kecil. Tetapi dengan penambahan *Bulbous Stern* yang besar bertambah besar pula tahan gesek yang di hasil kan. Maka hasil yang didapat kan dengan variasi nodel 3 yang memiliki tahan total paling rendah.

5.2 Saran

Adapun penelitian ini tidak lepas dari kesalahan-kesalahan, oleh karena itu berikut saran untuk penelitian mengenai dimple ini:

1. Penelitian yang telah dilakukan ini perlu dilakukan pengujian langsung pada towing tank agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Perlu di lakukan penambahan model ukuran *Bulbous Stern* untuk di dapat dilakuan penelitian lebuuh lanjut.
3. Perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan software yang berbeda untuk membandingkan hasil dari simulasi yang telah dilakukan.
4. Menambah banyaknya iterasi pada saat melakukan simulasi dengan menggunakan software agar mendapatkan hasil yang lebih valid serta menggunakan PC dengan kemampuan lebih baik sehingga fenomena aliran di bagian buritan kapal dapat dilihat dengan lebih jelas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

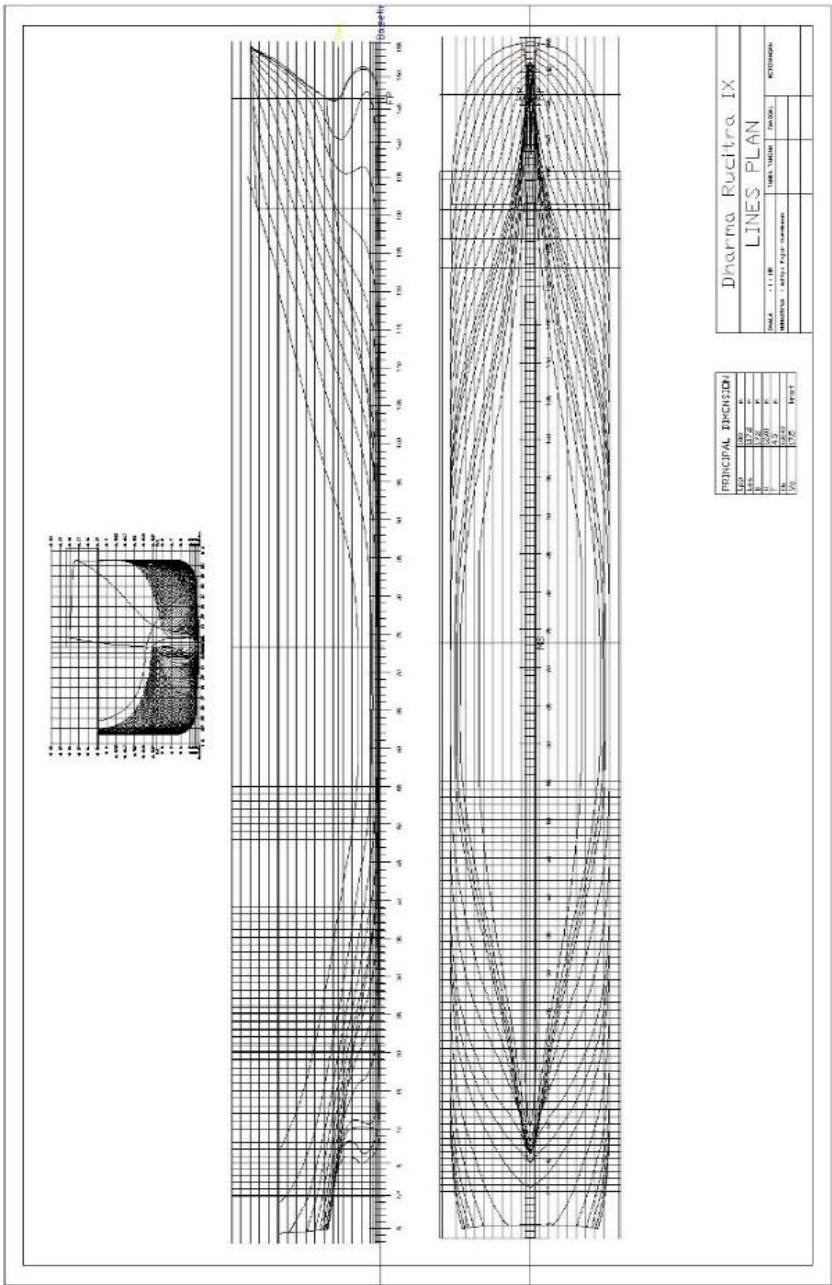
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adjie, S.W, (2005). *Engine-Propeller Matching*. FTK-ITS. Surabaya.
- [2] Anggarda, (2011), *Kajian Teknis Sistem propulsi Untuk kapal Perang Missile Boat Dengan kecepatan 70 Knots*, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [3] Apriansyah, (2011). *Analisis Sistem Propulsi Kapal Cepat Dolpin*. Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [4] de Barros, E.A. ,Dantas, J.L.D. 2011. Effect of a propeller duct on AUV maneuverability. *Ocean Engineering Journal*. Volume 42 : 61-70
- [5] Harvald Sv. Aa. (1992), *Tahanan dan Propulsi Kapal, Terjemahan Indonesia oleh : Sutomo Jusuf.*, Airlangga University Press, Surabaya.
- [6] Johan Airman Surya, (2009).*Studi Perancangan Sistem Propulsi dan Optimasi Hull pada kapal Militer Fast LST (Landing Ship Tank)* Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Numeca International [2014], *Numeca Fine Open Manual Book*, Belgium.
- [8] Roynando, Ketut Aria, Murdijanto, (2009) *Analisa Hambatan*, Teknik Perkapalan, Surabaya.
- [9] Van Lammeren, *Resistance, Propulsion, and Steering of Ship* (1948)
- [10] CFD-Online, <https://www.cfd-online.com/Wiki/>, Diakses pada Agustus 2017
- [11] Yongle, D., Baowei, D. 2015. Numerical investigation of tip clearance effects on the performance of ducted propeller. *International Journal Naval Architecture Ocean Engineering*. Volume 7 : 795-804

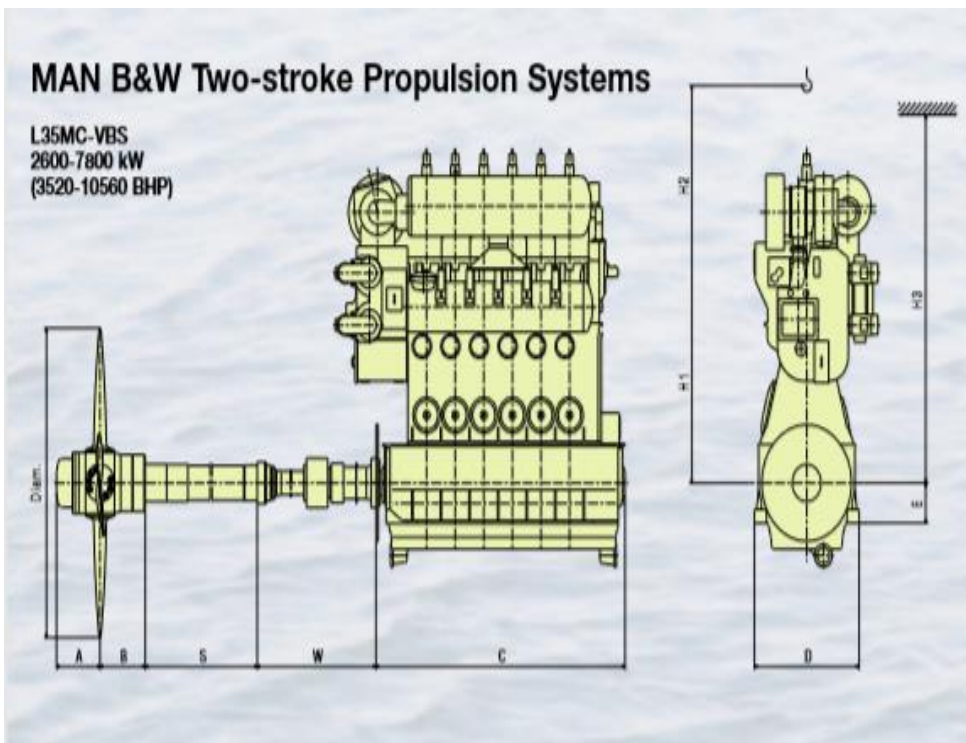
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Lines Plan Kapal



Lampiran 2 Data Engine 1



L35MC-VBS standard programme

ENGINE		PROPELLER				DIMENSIONS IN MM										DRY WEIGHT	
Type	Output*	Hub	CU-Race	Speed	Diameter	A	B	C	D	E	W	H1	H2	H3	In-line (approx)		
	kW	BHP	Type	rpm	mm						mm				Engine	Propeller	
L35MC	2600	3520	VBS 800	CHS250	210	3150	635	735	4000	1900	550	1670	5200	4900	5025	50	9.1
L35MC	3250	4400	VBS 800	CHS280	210	3300	635	735	4000	1900	550	2000	5200	4900	5025	58	9.5
L35MC	3900	5280	VBS 800	CHS280	210	3450	740	785	5200	1900	550	2000	5200	4900	5025	67	10.3
L35MC	4550	6160	VBS 800	CHS310	210	3600	740	785	5800	1900	550	2040	5200	4900	5025	75	11.8
L35MC	5200	7040	VBS 800	CHS310	210	3750	740	805	6400	1900	550	2040	5200	4900	5025	83	12.3
L35MC	5850	7920	VBS 1000	CHS320	210	3900	825	880	7000	1900	550	2140	5200	4900	5025	92	13.9
L35MC	6500	8800	VBS 1000	CHS320	210	4050	825	880	7600	1900	550	2140	5200	4900	5025	106	14.7
L35MC	7150	9680	VBS 1100	CHS330	210	4200	900	940	8200	1900	550	2140	5200	4900	5025	118	16.5
L35MC	7800	10560	VBS 1100	CHS330	210	4350	900	940	8800	1900	550	2140	5200	4900	5025	126	17.2

The propeller diameter is optimized at 90% rev, 210 rpm and 14.5 kn

The strength calculation is made at 100% rev, 210 rpm and 15.0 kn

The propeller is calculated according to DNV, No kn with high skew

The standard plans may be subject to change due to technical vibrations

* Engine output refers to load point 1.1

** Weight incl 6.0 m shaft and 3.0 m stern tube

H1: Vertical SW

H2: Tilted SW H3: Double jet cone

Main data

ENGINE	BORE	STROKE	SPEED	MEP	PISTON SPEED	OUTPUT/CYLINDER
Type	mm	mm	rpm	bar	m/s	kW BHP
L35MC	260	1060	210	18.4	7.35	650 880

Specific consumption

ENGINE	FUEL OIL				LUBRICATING OIL		CYLINDER OIL	
	Latest point 1.1	Latest point 1.2	approx		kg/day 24h	g/kWh	g/bhp-h	g/bhp-h
L35MC	177	130	171	126	2.0-3.0	0.8-1.2	0.6-0.9	

Lampiran 3 Data Engine 2

6N21AW| Power | **662~956kW****Main Data**

- Type : 4-stroke, Diesel ■ No. of Cylinders : In-line 6 ■ Cylinder Bore : 210 mm
- Piston Stroke : 290 mm ■ Mean Effective Pressure : 1.65 - 2.24 MPa
- Piston Speed : 7.73 / 8.22 m/s

Rated Power

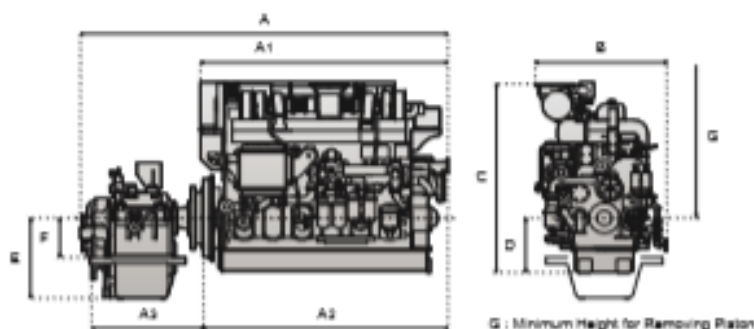
Engine Model	6N21A-DW	6N21A-UW	6N21A-BW	6N21A-EW
Continuous Rated Power	662 (900)	736 (1000)	883 (1200)	956 (1300)
kW (PS)				
Rated Engine Speed	800		850	
min ⁻¹				
Engine Dry Weight	8000			
kg				

Standard Marine Gear

Propeller Type		for F.P.P.	
Marine Gear Model	Offset	Y-850	YX-1000
	Co-Axial	YC-850	YX-1000C
Reduction Gear Ratio (Ahead)	Offset	1.84, 2.07, 2.35, 2.68	2.03, 2.36, 2.78, 3.32
	Co-Axial	1.84, 2.07, 2.35, 2.68	2.03, 2.36, 2.78, 3.32
Marine Gear Dry Weight kg	Offset	2050	2400
	Co-Axial	2150	2565

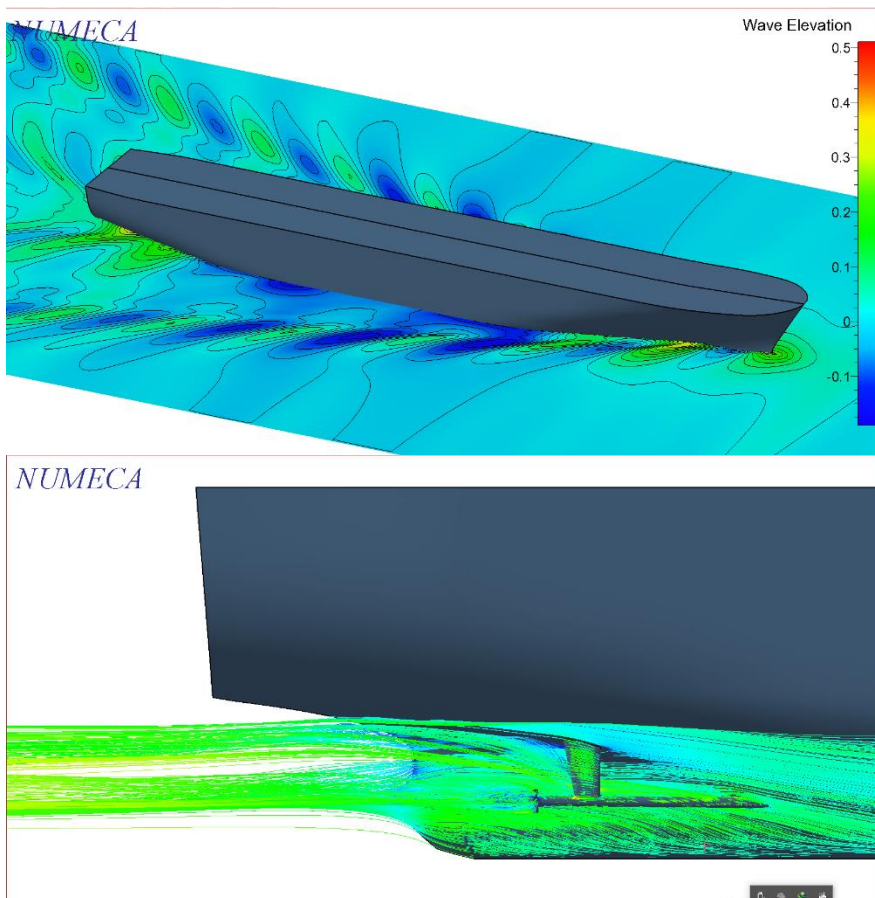
Dimensions [mm] / Weights [kg]

Engine Model	Marine Gear	A	A1	A2	A3	B	C	D	E	F	G	Total Dry Weight with Marine Gear
6N21A-DW (662kW)	Y-850	3920	2776	2733	1158	1420	2081	601	314	359	1802	10128
	YC-850	4051	2776	2733	1289	1420	2081	601	455	-	1802	10228
6N21A-UW (736kW)	YX-1000	4053	2776	2733	1199	1420	2081	601	385	435	1802	10478
	YX-1000C	4086	2776	2733	1232	1420	2081	601	450	-	1802	10643
6N21A-BW (883kW)	YX-1000	4059	2776	2733	1205	1420	2081	601	385	435	1802	10494
6N21A-EW (956kW)	YX-1000C	4092	2776	2733	1238	1420	2081	601	450	-	1802	10659

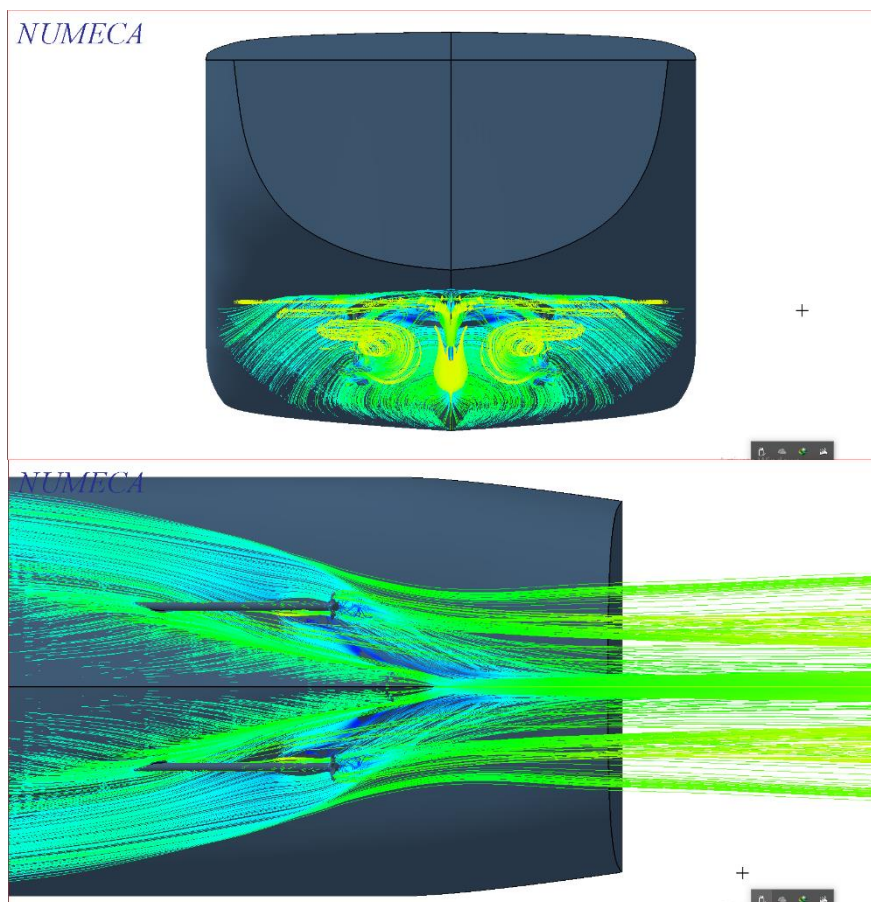


G : Minimum Height for Removing Piston

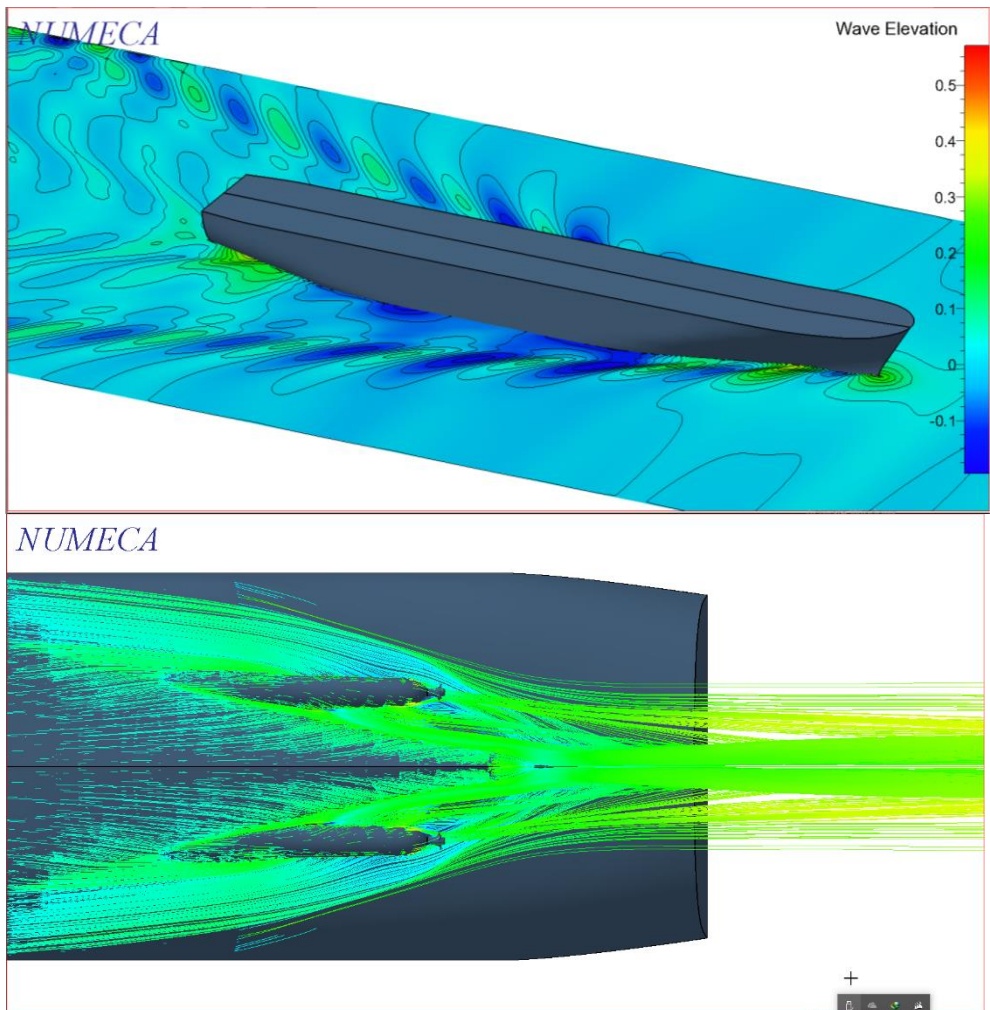
Lampiran 4 Hasil Simulasi NUMECA



- Model Standard

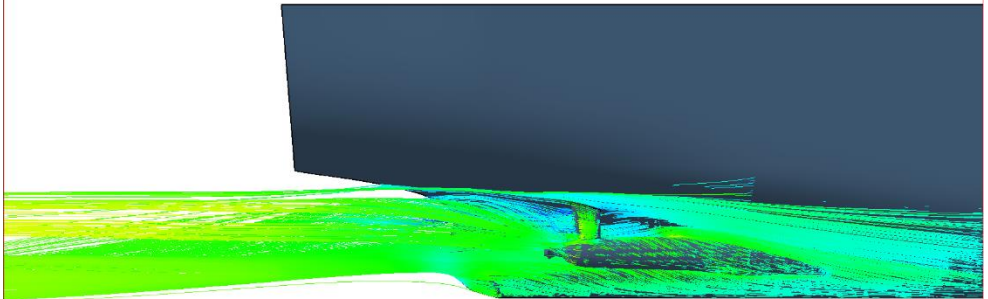


- Model Standard

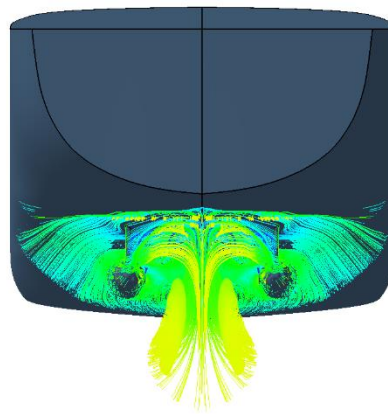


- Model 1

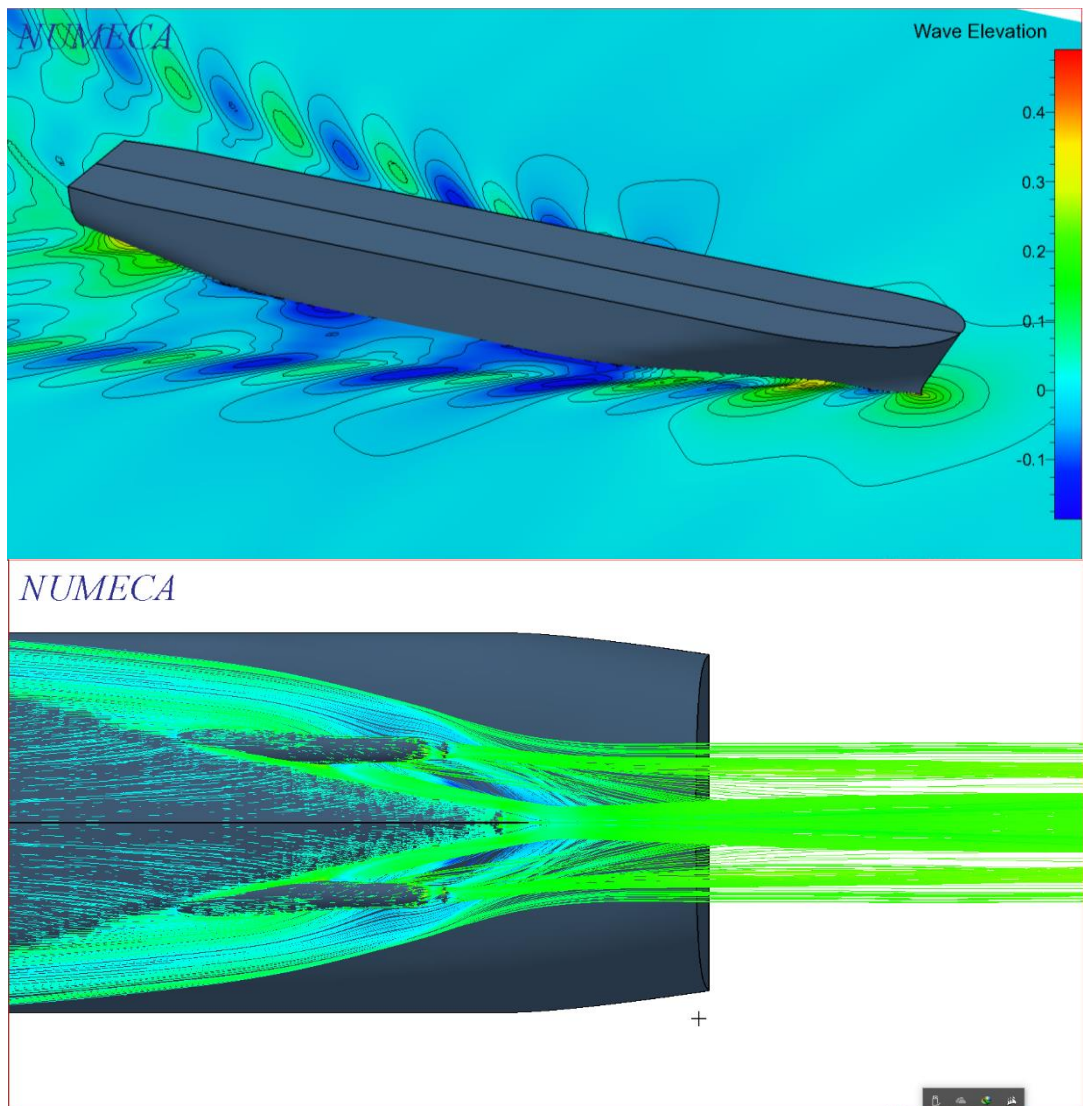
NUMECA



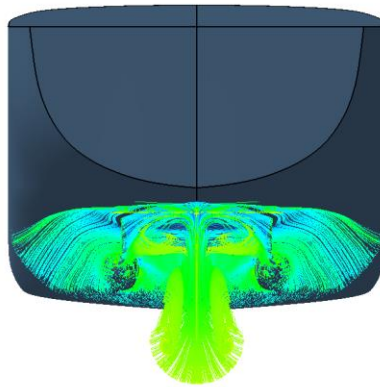
NUMECA



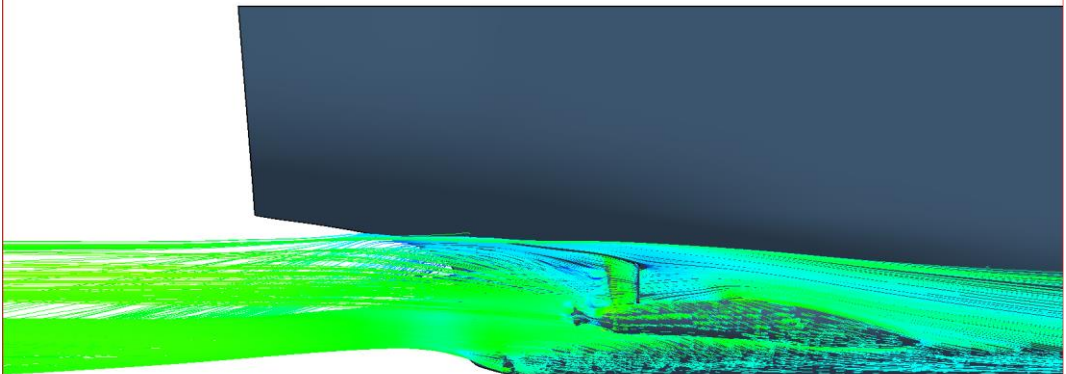
- Model 1



- Model 2

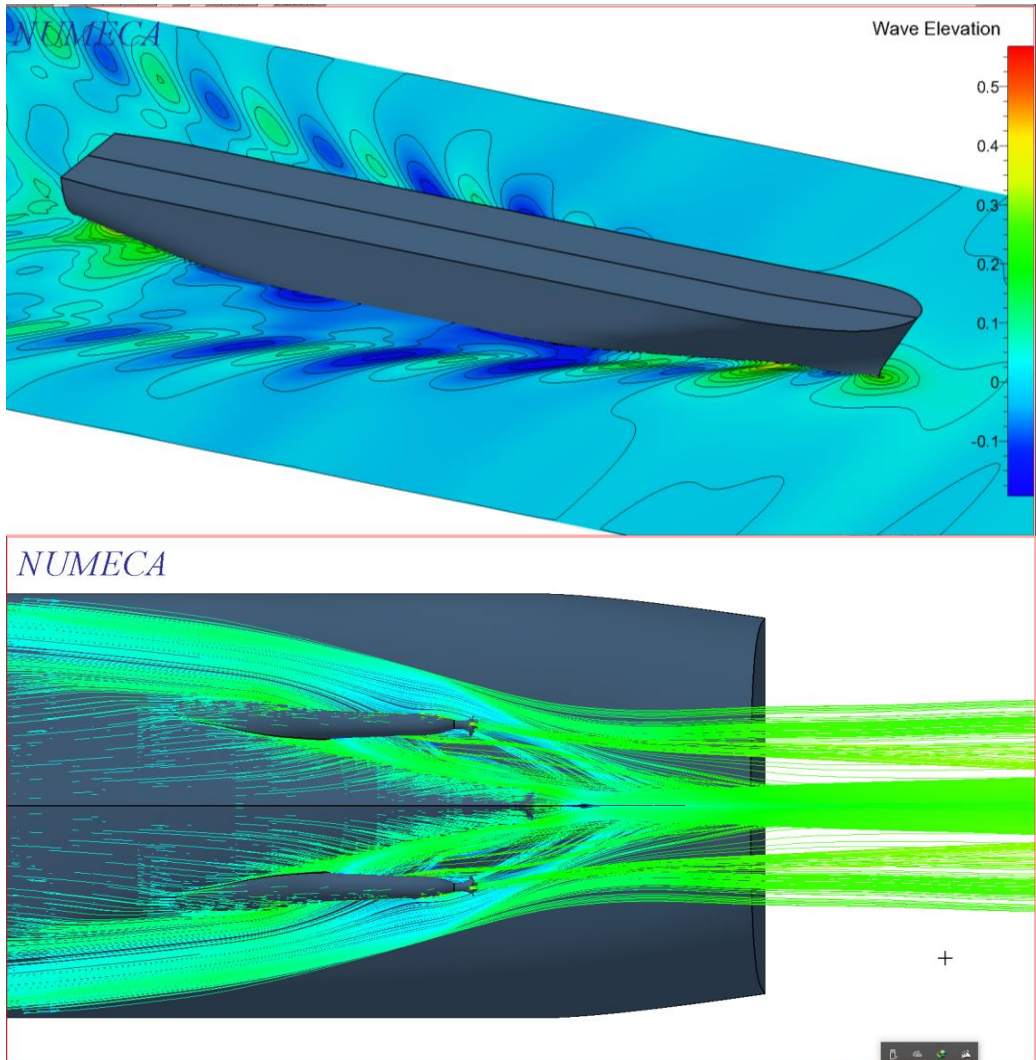
NUMECA

+

NUMECA

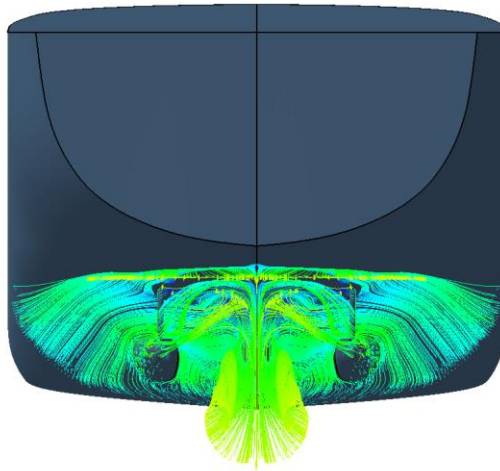
+

- Model 2

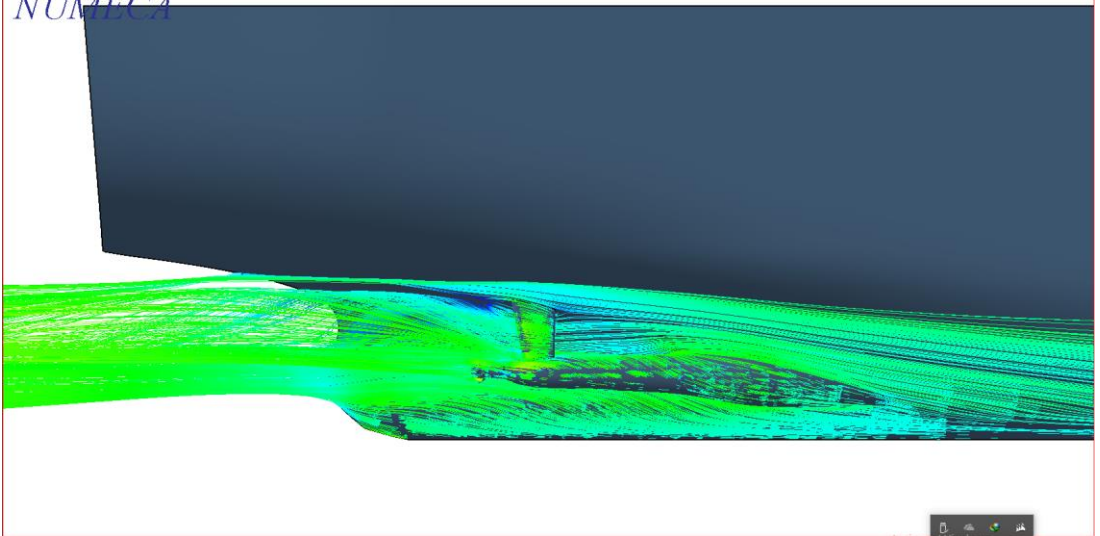


- Model 3

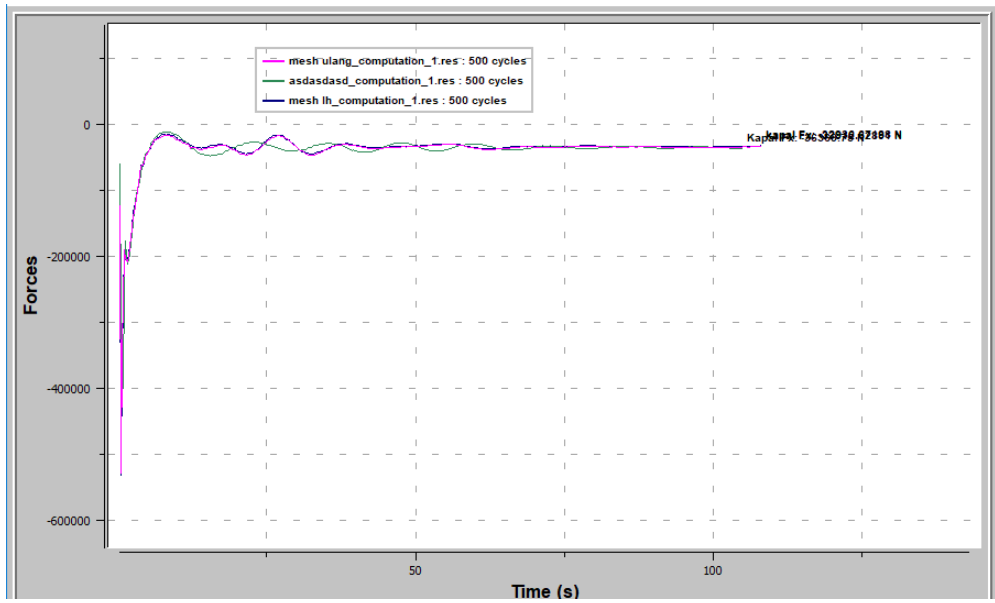
NUMECA



NUMECA



- Model 3



- Hasil Tahan NUMECA

BIODATA PENULIS



Gria Madya Saputro merupakan anak kedua dari dua bersaudara yang lahir di Depok pada tanggal 26 Juni 1994. Saat ini penulis tinggal di kota Depok bersama keluarganya. Penulis telah menyelesaikan pendidikannya di SD Pemuda Bangsa Depok, SMP Negeri 3 Depok, SMA Negeri 2 Depok dan pada tahun 2012 menempuh pendidikan Diploma 3 (D3) di Politeknik Perkapalan Negeri Jakarta (PNJ) jurusan Teknik Mesin program studi Teknik Alat Berat. Kemudian melanjutkan studi Lintas Jalur S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2015. Penulis menulis Tugas Akhir bidang Marine Machinery And System (MMS).